



## **GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA**

### **TREBALL FINAL DE GRAU**

---

# **DISSENY D'UN NOU TEST D'AGUDESA VISUAL EN LECTURA EN LLENGUA CATALANA**

**Mar Arans Cañellas**

JOAN CARLES ONDATEGUI PARRA  
ELVIRA PERIS MARCH  
DEPARTAMENT D'ÒPTICA I OPTOMETRIA

**27/06/2017**



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

El Sr. Joan Carles Ondategui Parra i la Sra. Elvira Peris March, com a tutor/s i director/s del treball,

### CERTIFICA/CERTIFIQUEN

Que la Sra. Mar Arans Cañellas ha realitzat sota la seva supervisió el treball "*Disseny d'un nou test d'agudes visual en lectura en llengua catalana*" que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signem aquest certificat.

Sr. Joan Carles Ondategui Parra  
Director del TFG

Sra. Elvira Peris March  
Directora del TFG

Terrassa, 13 de Juny de 2017

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

© Universitat Politècnica de Catalunya, any 2017. Tots els drets reservats.



## AGRAÏMENTS

Després de moltes hores d'esforç i dedicació, és el moment de donar les gràcies a totes aquelles persones que, d'una manera o altra, han fet possible la realització d'aquest treball.

Primerament, donar les gràcies als meus tutors, Joan Carles Ondategui Parra i Elvira Peris March, per oferir-me, el tema de l'estudi, pel suport, l'orientació i la confiança mostrada al llarg de tota la realització del treball; a la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa (FOOT) i al Centre de Desenvolupament de Sistemes, Instrumentació i Sensors (CD6) del Campus Universitari de Terrassa per fer possible la utilització del material i instal·lacions necessàries per a la realització de les proves de l'estudi.

També agrair a la meua família pel seu suport incondicional en tot moment, no només durant aquests mesos sinó al llarg de tots els anys d'estudi.

A tots els voluntaris que es van oferir per a la realització de la part pràctica, ja que sense ells no hauria estat possible la presa de mesures.

A tots els amics i companys per ajudar-me i donar-me forces en els moments més difícils.

A tots ells:

Moltes gràcies!

Mar Arans Cañellas



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# DISSENY D'UN NOU TEST D'AGUDESIA VISUAL EN LECTURA EN LLENGUA CATALANA

## RESUM

**Objectiu:** valoració d'un nou disseny d'optotip d'agudesia visual en lectura (AVI) i velocitat lectora (VL) en llengua catalana i valorar la concordança entre sessions.

**Mètode:** Es van dissenyar 70 frases, amb una mitjana de  $60 \pm 2$  caràcters i  $10 \pm 1$  paraules, per a mesurar l'AVI i VL. Es van valorar 20 pacients dividits en dos grups: joves (A) (20-30 anys) i adults (B) (50-65 anys). Se'ls va citar a tots en una primera sessió i després, a 10 d'ells, els vam tornar a citar en una segona sessió, per a repetir les proves.

**Resultats:** El valor d'AVI monocular en el grup A va ser de  $-0.05 \pm 0.07$  logMAR a la Sessió 1 i en el grup B de  $0 \pm 0.07$  logMAR. A la Sessió 2, el valor d'AVI monocular del grup A va ser de  $-0.2 \pm 0.07$  logMAR i del grup B de  $-0.1 \pm 0.09$  logMAR. La velocitat lectora per minut (wpm) del grup A va ser de  $236.46 \pm 32.47$  a la Sessió 1 i de  $233.445 \pm 23.35$  a la Sessió 2 i la del grup B va ser de  $169.46 \pm 22.39$  a la Sessió 1 i de  $202.26 \pm 28.12$  a la Sessió 2.

**Conclusions:** Tant el test d'AVI com el de VL són clínicament acceptables però són necessaris altres estudis per a la validació de la repetibilitat del test amb una mostra poblacional superior.



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# DISEÑO DE UN NUEVO TEST DE AGUDEZA VISUAL EN LECTURA EN LENGUA CATALANA

## RESUMEN

**Objetivo:** valoración de un nuevo diseño de optotipo de agudeza visual en lectura (AVI) y velocidad lectora (VL) en lengua catalana y valorar la concordancia entre sesiones.

**Método:** se diseñaron 70 frases, con una mediana de  $60 \pm 2$  caracteres y  $10 \pm 1$  palabras, para medir la AVI y VL. Se valoraron 20 pacientes divididos en dos grupos: jóvenes (A) (20-30 años) i adultos (B) (50-65 años). Se citaron a todos en una primera sesión y después, a 10 de ellos, los volvimos a citar en una segunda sesión, para repetir las pruebas.

**Resultados:** el valor de AVI monocular en el grupo A fue de  $-0.05 \pm 0.07$  logMAR en la Sesión 1 y en el grupo B de  $0 \pm 0.07$  logMAR. En la Sesión 2, el valor de AVI monocular del grupo A fue de  $-0.2 \pm 0.07$  logMAR y del grupo B de  $-0.1 \pm 0.09$  logMAR. La velocidad lectora por minuto (wpm) del grupo A fue de  $236.46 \pm 32.47$  en la Sesión 1 y de  $233.445 \pm 23.35$  en la Sesión 2 y la del grupo B fue de  $169.46 \pm 22.39$  en la Sesión 1 y de  $202.26 \pm 28.12$  en la Sesión 2.

**Conclusiones:** tanto el test de AVI como el de VL son clínicamente aceptables pero son necesarios otros estudios para la validación de la repetibilidad del test con una muestra poblacional superior.



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# DESING OF A NEW READING ACUITY AND READING PERFORMANCE TEST IN CATALAN

### ABSTRACT

**Objective:** valuation of the new optotype of reading acuity (RA) and reading speed (RS) design in Catalan due to evaluate its concordance between sessions.

**Method:** 70 sentences were developed, with an average of  $60 \pm 2$  characters and  $10 \pm 1$  words, to study the RA and RS in Catalan of 20 patients divided in two groups: young (A) (20-30 years) and adults (B) (50-60 years). We met with all the patients in a first session and after that, we selected 10 of them, in a second session, due to repeat the measurements.

**Results:** monocular RA for the A group in Session 1 was  $-0.05 \pm 0.07$  logMAR and for the B group was  $0 \pm 0.07$  logMAR. In Session 2, the A group showed a monocular RA of  $-0.2 \pm 0.07$  logMAR and the B group of  $-0.1 \pm 0.09$  logMAR. Reading speed per minute (wpm) for the A group was  $236.46 \pm 32.47$  in Session 1 and  $233.445 \pm 23.35$  in Session 2 and for the B group was  $169.46 \pm 22.39$  in Session 1 and  $202.26 \pm 28.12$  in Session 2.

**Conclusions:** Both RA and RS tests are clinically acceptable, but other studies with a higher population sample are needed to validate the repeatability of the test.



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# DESIGN OF A NEW READING ACUITY AND READING PERFORMANCE TEST IN CATALAN

### SUMMARY

In today's society, the use of near vision has been significantly increased. The ability to read can be affected by many eye diseases. Despite the treatment of age related macular degeneration (ARMD) and cataracts could be significantly improved, complaints about the difficulty to read are constantly shown. It is evident that the clinical interest to develop well-standardized and calibrated reading charts, due to measure reading performance, is in continuing development.

The aim of this project is to assess the new design of reading acuity and reading speed test in Catalan that we have designed.

#### Visual acuity

Visual acuity measurement (monocular and binocular) is a key aspect of an optometric exam. Most of the times, it is considered as the more important indicator about the quality/quantity of vision of a viewer. The main purpose of visual acuity measurement is to determine the maximum capacity of the visual system to identify different kind of stimulus. This capacity can be limited by refractive errors and pathologic conditions that can cause reduced values of visual acuity.

Visual acuity is defined as the measurement of the visual system capacity to detect (minimum visible), resolve (minimum separable) and recognise (minimum knowable) spatial details of a test, under high contrast conditions and with a good level of lighting. Due to quantify visual acuity, is it necessary to know the subtended angle of the littlest detail that the viewer can appreciate from a specific distance.

The clinical measurement of visual acuity represents the use of a certain kind of test which is set up by familiar characters for the viewer. The size of these characters depends on the viewing distance, considering that the subtended angle of these characters has to be close to one minute of arc. The majority of these tests are formed by letters, numbers or symbols (stimulus) which are easy to recognise, resolve or detect by the viewer. Each stimulus is called optotype and the combination of optotypes organized in lines of different size is called visual acuity chart or optotypes Chart.



There are three principal designs of optotypes charts: Snellen chart, Bailie-Lovie chart and ETDRS system. All of them are actually used in clinical practice but the only one which is specially designed to use in clinical research is the ETDRS system.

Visual acuity measurement it is a very imperfect measure because is affected by many factors. We can classify these factors by: physical, physiological and psychological factors. Within physical factors there are the lighting conditions, optotype design, the state of the refractive error of the viewer, optical aberrations, etc.

On the other hand, in physiological factors, the resolution of the visual system is limited by the density of photoreceptors in the foveal area. Visual acuity is maxim on the fovea (cone cells) and decrease towards peripheral retina (rod cells). Moreover, there is the eccentricity of the fixation of the eyes, the quality of the motility system, the subject age, the effect of some drugs, some ocular diseases, neuronal factors and visual cortex state.

Finally, within psychological factors there are the previous experiences of the subject with the test, physical or psychical fatigue of the subject and the motivation upon the realization of the test.

### Near visual acuity

Near visual acuity measurement it is an important aspect in an optometric exam, considering that nowadays, most of visual demand is at short distances.

However, in clinical practice, when near visual acuity is assessed, we systematically evaluate if the viewer is able to identify certain optotypes and we don't take into account the ability to read them. Reading is a very complex task and it's qualitatively different of individual optotype recognition. Although the development of new tests to asses reading acuity and reading performance has a long history and an extensive literature, today we are in front of an amount of contraindications about how to measure them.

### A brief history of clinical reading tests

To sum up, Küchler (1836) was the first one to introduce a visual acuity chart due to measure near visual acuity. His visual acuity chart was made from pieces of different size of newspapers, books and calendars letters. This chart consisted of twelve lines of black letters of decreasing size and visual acuity measurement was based on recognise and read them.

Later, Eduard von Jaeger (1854) developed the first official reading test. The Jaeger test types were based on a graduated series of sentence fragments of decreasing size with an own notation called "J notation". For this reason, the original Jaeger text followed a strict geometric progression, foretelling the introduction of the Bailey-Lovie Near Reading Card by over 125 years.

A noteworthy development in clinical reading tests was the Sloan Continuous Texts Read Cards (1963), with text size specified in M units. M notation designates the distance (in metres) in which the object subtends 5 minarc. The Sloan reading cards presents a short text passage at one size per card. The amount of text varies with letter size from a few words at 20M to an entire paragraph at 1M.

The next significant advance in reading assessment was the introduction of the Bailey-Lovie Near Reading Card (1980). Bailey-Lovie cards present two to six unrelated words per line and the size of the



text decreases by a constant percentage from line to line. Letter size is represented in logMAR units ( $\log_{10}$  of the minimum angle of resolution).

Legge and colleagues introduced the MNREAD Test (Minnesota Low-Vision Reading Test) in 1989. The original MNREAD Test consisted of both sentences and groups of unrelated words rendered in a fixed letter size that subtended  $6^\circ$  at a 20cm distance and it was designed to measure reading acuity and reading speed. The chart consisted of a series of 60-character sentences displayed on two lines. The sentences decreased in size by 0.1 log unit from a maximum of 1.3 logMAR to -0.5 logMAR. With this test, reading acuity corresponds to the smallest letter size that can be read and maximum reading rate is the number of words read correctly per minute for the sentence with the shortest reading time.

Concurrently, Radner (1998) introduced the “sentences optotypes concept” and developed the Radner Reading Chart. This chart consisted of 14 word sentences displayed on three lines, with an equal number of characters and controlled position of words, lexical difficulty and syntactical structure with a 3th to 4th grade text difficulty. The sentences also decreased in size by 0.1 log unit from a maximum of 6.3M to 0.25M.

Several of the most common reading tests are available in multiple languages but one test was developed specifically for cross-language comparisons. The International Reading Speed Texts (IReST) are paragraphs of about 170 words (in the English version) that are carefully equated across languages for word frequency and syntactic complexity. Originally published in four European languages, IReST was recently expanded to 17 languages with normative data for normally sighted young adults.

### Reading and reading speed

In word reference dictionary, reading is defined as the action or practice of a person who reads. On the other hand, read is defined as the action to look at so as to understand the meaning of something written, printed, etc. With these definitions we can realize the importance that visual system takes on reading.

Visual skills that involve the reading process are: ocular motility, visual discrimination, visual memory and spatial orientation skills. However, in order to have a good visual discrimination a person must have a good accommodation and binocular vision. In order to read efficiently we need three types of eye movements: saccades, fixation pauses and regression movements.

Another important aspect of reading in which proper functioning of ocular motility is determinant is reading speed; this parameter is the ability of a reader to read a text in a given time without making mistakes and being able to understand the text. It is considered as an important parameter to determine reading performance of a subject and we can define it as “the number of words that a subject can read in a unit of time”. It is also influenced by different factors like the kind of the text, the vocabulary used, the moment of the day when reading, the type and size of the letters and if reading is aloud or silence.

## Objectives

The main objective of this study is the valuation of the new optotype of reading acuity and reading speed design in Catalan due to study the correlation of the obtained results, which is used to determinate if the test is sufficiently reliable to be used clinically or if it is inducing some systematic error when the measurements are being made.

## Method

This study is an observational and transversal job of non-consecutive cases. Twenty visually normal subjects were selected (following the inclusion and exclusion criterion) with ages between 20-30 (A group) and 50-65 (B group) years old. First of all, we met with all the patients in a first session and after that, we selected 10 of them, in a second session, due to repeat the measurements under the same conditions.

The instrumentation that has been used to do the measurements of reading acuity and reading speed is an Ipad Air (Apple Inc.). This device has 240mm of height, 169.5 of width and 7.5mm of depth. Its screen is designed by retina technology and its resolution is about 2048 x 1536 to 264 pixels per inch (ppi). Retina technology offers high resolution and high colour saturation. For this reason, its images are sharper and it's better for reading.

For the new optotype design, 70 sentences were developed, with an average of  $60 \pm 2$  characters and  $10 \pm 1$  words per sentence, due to study reading acuity and reading speed in Catalan. The oral reading was recorded by digital recording technology, rather the traditional stop-watch method. Audacity was used to record each sentence while other noise in the room was kept to a minimum. The time taken in order to read each sentence was quantified by a convenient cursor tool from Audacity software. Audacity cursor timing method was accurate to  $<0.005s$ . We started timing at the beginning of the first utterance and finished timing after the last utterance was complete.

Reading acuity and reading speed versions used the sans-serif bold Helvetica font. Helvetica has been chosen based upon the fact that it is not only the most common sans-serif font, but also, similar to Arial, it has a larger lower case x-height than other fonts, and thus upper and lower case letters are more similar in size. The letter size was calculated based on screen resolution and visual acuity demand at the specific evaluation distance. Both reading acuity and reading speed were displayed as Power Point (Microsoft) presentations with high contrast black text on a white background.

## Reading speed test

Sans-serif bold Helvetica characters with letters size of 0.5 logMAR were viewed from 50 cm. This angular size is consistent with the smallest fonts used in the majority of American newspaper text and the mean font size of text messages on smart phones. We displayed each singular sentence in a single line with the 70 sentences that were displayed individually in Power Point for 6s with a 2s white screen between each sentence. As soon as the sentence appeared on the screen, subjects were instructed to read each sentence loudly as fast as possible without making significant errors. During the reading of the sentences, the tester listened to each sentence and marked the errors on a paper score sheet.

Reading speed in units of words per minute (wpm) can be easily calculated from sentence duration (in seconds) by the following equation: "Reading speed (wpm) =  $60 \cdot (10 - \text{errors}) / \text{duration (s)}$ ", where errors represent total unread or incorrectly read words in each sentence.

### Reading Acuity test

Sans-serif bold Helvetica characters with letters size from -0.5 logMAR to 1.3 logMAR were viewed from 50 cm. The duration required to read each sentence can vary as size is changed. The presentation of each sentence was triggered by the experimenter. Instructions were the same as those used in reading speed tests. The reading acuity value was the last sentence that viewer could read correctly, without making errors.

### Results

On one hand, monocular reading acuity (RA) for the A group in Session 1 was  $-0.05 \pm 0.07$  logMAR and binocular RA was  $-0.1 \pm 0.08$ . For the B group in Session 1, monocular RA was  $0 \pm 0.07$  logMAR and binocular was  $-0.1 \pm 0$  logMAR. In Session 2, the A group showed a monocular RA of  $-0.2 \pm 0.07$  logMAR and binocular RA of  $-0.2 \pm 0.08$  logMAR and the B group showed a monocular RA of  $-0.1 \pm 0.09$  logMAR and binocular RA of  $-0.1 \pm 0.07$  logMAR.

Due to study the correlation (r) between the traditional method of near visual acuity and the new reading acuity test design, a correlation analysis was performed and, in Session 1, the A group showed statistical significant differences only in left eye measurements (LE:  $r=0.9$  i  $p<0.01$ ) and the B group showed statistical significant differences in all the measurements (RE:  $r=$  i  $p<0.01$ , LE:  $r=0.94$  i  $p<0.01$ , BINO:  $r=0.75$  i  $p<0.05$ ). Correlation of the results of the new reading acuity design between groups and sessions were also analysed. In A group no statistical significant differences were found between the obtained results in Session 1 and Session 2. In B group, statistical significant differences between sessions were found only in left eye measurements (LE:  $r=0.91$  i  $p<0.05$ ).

On the other hand, reading speed (seconds) for the A group was  $2.60 \pm 0.35$ s in Session 1 and  $2.55 \pm 0.33$ s in Session 2 and for the B group was  $3.51 \pm 0.45$ s in Session 1 and  $2.96 \pm 0.44$ s. When errors were considered in reading speed (wpm) for the A group was  $236.46 \pm 32.47$  wpm in Session 1 and  $233.44 \pm 23.35$  wpm in Session 2 and for the B group was  $169.46 \pm 22.39$  wpm in Session 1 and  $202.26 \pm 28.12$  wpm in Session 2.

A correlation analysis in wpm was also performed, due to study the correlation of the obtained results between Session 1 and Session 2 of both A group and B group. No statistical significant differences were found ( $p=1.0$ ). Moreover, a correlation analysis between groups in Session 1 was performed and statistical significant differences were found ( $p=0.02$ ).

Although the sentences of the test were reviewed by a specialized philologist in Catalan, there were sentences more difficult to read than others. Sentences were considered as difficult when the median of the reading speed in wpm was the same or higher than two times its standard deviation and, sentences were considered as easy when the median of reading speed in wpm was the same or lower than two times its standard deviation.

### Discussion

Within visual acuity measurements, there was a correlation with the results of the traditional near visual acuity measurement and reading acuity measurement with the new test designed, because no clinical significant differences were found in either A group or B group. Statistical significant differences were found in both A group and B group (more in B group than in A group). These differences are difficult to quantify but it could be because of our population sample is limited or because an effect of a masked learning.

Within reading speed measurements, the correlation of the measurements (wpm) between sessions of the A group and the B group were analysed and no statistical differences were found, that means that the repeatability of the measurements was fine. Nevertheless, the repeatability of the obtained results between the subjects of the A group and the B group were also analysed and statistical significant differences were found. This is because reading mistakes were taken into account and, A group subjects read faster but made more mistakes and B group subjects read slowly but made less mistakes.

These results also were compared with other two studies and there were significant similarities which mean that the reading speed test we have designed is clinically acceptable for the clinical measurement of the reading speed in wpm.

Reading complexity of the sentences was also analysed and we found some difficult sentences and some sentences that were easily read.

### Conclusions

#### **READING ACUITY**

- The test is clinically acceptable for reading acuity measurement because no clinical significant differences between the traditional method and the new method were found.
- For the validation of the repeatability of the measurements is needed a bigger population sample.

#### **READING SPEED**

- The test is clinically acceptable for reading speed measurements because no clinical significant differences were found between our study results and two other studies results.
- The clinical validation of the repeatability of the measurements is fine because no statistical significant differences were found.
- Between A group subjects and B group subjects reading speed, statistical significant differences were found because reading mistakes were taken into account and, B group subjects (Adults) showed lower reading speed than A group subjects but they were more efficient on reading, meaning that they made less mistakes.

## ÍNDEX

<b>1. INTRODUCCIÓ .....</b>	<b>18</b>
<b>2. MARC TEÒRIC.....</b>	<b>19</b>
2.1. AGUDESA VISUAL .....	19
2.1.1. Definició d'agudes visual .....	19
2.2. PRINCIPALS DISSENYS D'OPTOTIPS .....	21
2.2.1. Optotips d'escala aritmètica o de tipus Snellen.....	21
2.2.2. Optotips d'escala logarítmica o tipus Bailey-Lovie.....	23
2.2.3. Sistema ETDRS.....	25
2.3. FACTORS QUE AFECTEN A L'AGUDESA VISUAL.....	26
2.3.1. Factors físics .....	26
2.3.2 . Factors fisiològics .....	26
2.3.3. Factors psicològics.....	27
2.4. AGUDESA VISUAL EN VISIÓ PROPERA.....	28
2.4.1. Breu història del desenvolupament de les cartes d'agudes visual .....	28
2.5. LA LECTURA.....	32
2.5.1. Procés neurològic de la lectura .....	33
2.6. HABILITATS VISUALS INVOLUCRADES EN LA LECTURA .....	33
2.6.1. Motilitat ocular.....	34
2.6.2. Acomodació.....	37
2.6.3. Visió Binocular .....	37
2.7. VELOCITAT LECTORA.....	38
<b>3. JUSTIFICACIÓ .....</b>	<b>40</b>
<b>4. OBJECTIUS .....</b>	<b>40</b>
<b>5. METODOLOGIA .....</b>	<b>41</b>
5.1. REQUISITS ÈTICS, LEGALS I JURÍDICS.....	41
5.2. DISSENY DE L'ESTUDI .....	42
5.3. SELECCIÓ DE LA MOSTRA.....	42
5.4. PROTOCOL DE MESURA .....	43
5.4.1. Primera sessió .....	43

5.4.2. Segona sessió .....	44
5.5. INSTRUMENTACIÓ .....	44
5.6. DISSENY DEL TEST D'AV EN LECTURA I VELOCITAT LECTORA.....	46
5.6.1. Agudeses visual en lectura.....	47
5.6.2. Velocitat lectora .....	49
6. RESULTATS .....	50
6.1. ANÀLISIS DESCRIPTIU .....	50
6.1.1. Descripció de la mostra .....	50
6.1.2. Descripció de les variables .....	51
6.2. ANÀLISIS INFERENCIAL.....	59
7. DISCUSSIÓ .....	64
8. CONCLUSIONS .....	66
9. BIBLIOGRAFIA I ARTICLES.....	67
10. ANNEXOS.....	70

## ÍNDEX D'ANNEXOS

**Annex 1.** Consentiment informat.

**Annex 2.** Fitxa d'inclusió.

**Annex 3.** Taula errors velocitat lectora.

## ÍNDEX D'EQUACIONS

**Equació 2.1.** Obtenció del mínim angle de resolució (MAR).

**Equació 2.2.** Obtenció de l'AV<sub>d</sub> a partir de l'angle MAR.

**Equació 2.1.** Obtenció de l'AV amb notació Snellen.

**Equació 2.2.** Obtenció de l'AV amb notació logMAR.

**Equació 2.3.** Obtenció de l'AV amb notació VAR.

**Equació 5.1.** Càlcul de la velocitat lectora en wpm.

## ÍNDEX DE FIGURES

- Figura 2.1.** Esquema per la definició del mínim angle de resolució.
- Figura 2.2.** Normalització dels optotips: E de Snellen 1862.
- Figura 2.3.** Carta original de Snellen 1862.
- Figura 2.4.** Carta d'agudesa visual Bailey-Lovie (1976).
- Figura 2.5.** Equivalències entre els diferents sistemes de mesura de l'agudesa visual.
- Figura 2.6.** Carta d'agudesa visual ETDRS (1978).
- Figura 2.7.** Densitat i disposició dels fotoreceptors a la retina.
- Figura 2.8.** Esquema de la via visual i còrtex visual.
- Figura 2.9.** Carta Küchler d'agudesa visual (1843).
- Figura 2.10.** Carta Jaeger d'agudesa visual en visió propera (1854).
- Figura 2.11.** Cartes de lectura de Sloan amb notació M (1959).
- Figura 2.12.** Carta de Bailey-Lovie il·lustrada amb progressió logMAR (1980).
- Figura 2.13.** MNREAD Test (1989).
- Figura 2.14.** Radner Reading Charts (1998).
- Figura 2.15.** Musculatura oculomotora.
- Figura 2.16.** Exemple de sacàdic on podem observar el temps de latència justament abans de l'inici d'aquest.
- Figura 2.17.** Representació d'un sacàdic hipomètric (esquerra) i hipermetríc (dreta).
- Figura 2.18.** Sistema acomodatiu.
- Figura 5.1.** Distribució de mides de l'Ipad Air (Apple).
- Figura 5.2.** Seqüència de veu de la lectura d'una frase mesurada amb segons.
- Figura 5.3.** Exemple d'una frase de l'optotip d'agudesa visual en lectura.
- Figura 5.4.** Exemple d'una frase de l'optotip de velocitat lectora.

## ÍNDEX DE GRÀFICS

- Gràfic 6.1.** Descriptiu de la distribució de sexes de Joves.
- Gràfic 6.2.** Descriptiu de la distribució de sexes d'Adults.
- Gràfic 6.3.** Joves Sessió 1. Mitjana de temps de velocitat lectora de les frases de l'optotip.
- Gràfic 6.4.** Joves Sessió 2. Mitjana de temps de velocitat lectora de les frases de l'optotip.
- Gràfic 6.5.** Joves Sessió 1. Temps total de lectura de les 70 frases.
- Gràfic 6.6.** Joves Sessió 2. Temps total de lectura de les 70 frases.
- Gràfic 6.7.** Adults Sessió 1. Mitjana de temps de velocitat lectora de les frases de l'optotip.
- Gràfic 6.8.** Adults Sessió 2. Mitjana de temps de velocitat lectora de les frases de l'optotip.
- Gràfic 6.9.** Adults Sessió 1. Temps total de lectura de les 70 frases.
- Gràfic 6.10.** Adults Sessió 2. Temps total de lectura de les 70 frases.
- Gràfic 6.11.** Joves Sessió 1. Mitjana de velocitat lectora en wpm.
- Gràfic 6.12.** Adults Sessió 1. Mitjana de velocitat lectora en wpm.



## ÍNDEX DE TAULES

- Taula 2.1.** Taula de classificació dels moviments oculars basada en la seva funcionalitat.
- Taula 5.1.** Mida de la lletra del test d'AV en lectura i velocitat lectora.
- Taula 6.1.** Descriptiva de la mitjana d'edats de la mostra.
- Taula 6.2.** Descriptiva de l'error refractiu de la mostra.
- Taula 6.3.** Adults i Joves. Valors obtinguts en la mesura de l'agudesa visual amb optotip tradicional logMAR.
- Taula 6.4.** Joves i Adults Sessió 1. Valors obtinguts en la mesura de l'agudesa visual en lectura.
- Taula 6.5.** Joves i Adults Sessió 2. Valors obtinguts en la mesura de l'agudesa visual en lectura.
- Taula 6.6.** Joves i Adults Sessió 1. Mitjana i desviació estàndard del temps de velocitat lectora de cada frase.
- Taula 6.7.** Joves i Adults Sessió 2. Mitjana i desviació estàndard del temps de velocitat lectora de cada frase.
- Taula 6.8.** Joves i Adults Sessió 1. Mitjana i desviació estàndard del temps de velocitat lectora en wpm de les frases de l'optotip.
- Taula 6.9.** Joves i Adults Sessió 1. Mitjana i desviació estàndard del temps de velocitat lectora en wpm de les frases de l'optotip.
- Taula 6.10.** Joves – Sessió 1. Correlació dels resultats obtinguts entre la mesura de l'AV tradicional i la mesura de l'AV en lectura mitjançant el nou disseny.
- Taula 6.11.** Adults – Sessió 1. Correlació dels resultats obtinguts entre la mesura de l'AV tradicional i la mesura de l'AV en lectura mitjançant el nou disseny.
- Taula 6.12.** Repetibilitat dels resultats obtinguts entre la Sessió 1 i la Sessió 2 pel grup A (Joves) en la mesura de l'AV en lectura.
- Taula 6.13.** Repetibilitat dels resultats obtinguts entre la Sessió 1 i la Sessió 2 pel grup B (Adults) en la mesura de l'AV en lectura.
- Taula 6.14.** Repetibilitat dels resultats obtinguts entre les mesures de la Sessió 1 i les de la Sessió 2 pels dos grups d'edat.
- Taula 6.15.** Repetibilitat dels resultats obtinguts entre els Joves i els Adults a la Sessió 1.
- Taula 6.16.** Valor llindar de velocitat pel que fa a la dificultat de lectura de les frases.
- Taula 6.17.** Frases més difícils de l'optotip.
- Taula 6.18.** Valor llindar de velocitat pel que fa a la facilitat de lectura de les frases.
- Taula 6.19.** Frases més fàcils de l'optotip.

## 1. INTRODUCCIÓ

La visió és un dels sentits més importants de l'ésser humà ja que, més del 75% de la informació que es percep del nostre entorn és a través de la vista. L'agudesa visual, tant en visió llunyana com en visió propera, es considera l'indicador més important de la quantitat/qualitat de visió d'un observador. És per aquest motiu que, un bon funcionament de la visió i una bona agudesa visual, és indispensable pel nostre desenvolupament cognitiu.

Avui en dia i en el nostre entorn, la major part de la demanda visual dels éssers humans és a distàncies curtes. En la pràctica clínica, a l'hora d'avaluar l'agudesa visual en visió propera, s'avalua sistemàticament la capacitat del sistema visual per reconèixer certs optotips, és a dir, si l'observador és capaç o no d'identificar-los i, generalment, no es té en compte l'habilitat d'aquest per llegir-los. La lectura és una tasca ben complexa i qualitativament diferent al reconeixement d'optotips individuals i, encara que el desenvolupament de nous tests per avaluar l'habilitat lectora d'un observador està en continu desenvolupament, ens trobem davant d'una manca d'optotips dissenyats per mesurar l'agudesa visual en lectura i velocitat lectora en llengua catalana.

En les següents pàgines del treball s'estructura la informació de la manera següent:

En primer lloc, el marc teòric, que inclou els diferents apartats per a la fonamentació teòrica del treball. Aquí es parla de l'agudesa visual i els principals dissenys d'optotips, dels diversos factors que afecten a la mesura de l'agudesa visual, es presenta una breu història del desenvolupament de cartes d'agudesa visual per la mesura de l'habilitat lectora, també es parla de la lectura i les habilitats visuals que s'hi troben involucrades i, per últim, de la velocitat lectora.

En el següent apartat es troba la justificació i els objectius generals i específics en els quals s'ha basat aquest treball.

A la part experimental del treball, es presenta la metodologia que s'ha seguit tant pel disseny de l'estudi, com pel disseny de l'optotip d'agudesa visual en lectura i velocitat lectora. En aquest apartat també s'exposen els principis ètics, legals i jurídics, la selecció de la mostra, la instrumentació utilitzada i el posterior protocol de mesura per a la realització de les proves.

Posteriorment s'inclouen els resultats obtinguts i l'anàlisi estadístic, a fi d'estudiar la repetibilitat de les mesures. A continuació, es mostra una discussió dels resultats obtinguts i una comparació d'aquests amb altres estudis. I tot seguit, s'esmentaran les conclusions extretes de l'estudi.

Per finalitzar, s'especifiquen les fonts bibliogràfiques consultades per a la realització del treball, plantejament, desenvolupament i discussió de l'estudi. S'adjunta també una sèrie d'annexos esmentats al llarg del treball, per a qualsevol consulta, com són el consentiment informat dels subjectes que han participat en aquest estudi, la fitxa clínica de les proves d'inclusió/exclusió i la taula per comptabilitzar els errors comesos durant la lectura de les frases.

## 2. MARC TEÒRIC

En aquest apartat es tractaran conceptes teòrics relacionats amb l'agudesia visual, els principals dissenys d'optotips, els diversos factors que poden afectar en la mesura de l'agudesia visual, la importància de l'agudesia visual en visió propera i una breu història del desenvolupament de les cartes d'agudesia visual destinades a mesurar l'habilitat lectora de les persones. A més a més, es farà una breu esmena sobre la lectura, quines habilitats visuals s'hi troben directament involucrades i, finalment, es parlarà de la velocitat lectora.

### 2.1. AGUDESA VISUAL

L'agudesia visual és el terme que es fa servir per expressar la capacitat de l'ull per percebre amb claredat el mínim detall d'un objecte, tant de lluny com de prop (Hall, 2011).

La mesura de l'agudesia visual monocular i binocular és un aspecte clau dins de l'examen optomètric, fins a tal punt que, la majoria de vegades, es considera com l'indicador més important de la qualitat/quantitat de visió d'un l'observador. El propòsit de la mesura de l'agudesia visual va encaminat a determinar la màxima capacitat visual per identificar objectes i pot estar limitada per errors refractius i/o condicions patològiques (retinals o neurològiques), que poden donar lloc a valors reduïts d'agudesia visual (Micó, 2011).

#### 2.1.1. Definició d'agudesia visual

L'agudesia visual es defineix com la mesura de la capacitat del sistema visual humà per detectar (mínim visible), resoldre (mínim separable) i reconèixer (mínim cognoscible) detalls espacials d'un test, en condicions de contrast elevat i amb un bon nivell d'il·luminació (Bailey & Lovie, 2013).

Seguint la classificació de (Martín & Vecilla, 2011), de les característiques fisiològiques de l'agudesia visual neixen tres definicions:

- El **mínim visible** representa la unitat espacial més petita que el sistema visual és capaç de percebre.
- El **mínim separable** és l'habilitat per veure separats dos objectes molt pròxims.
- El **mínim cognoscible** representa la capacitat del sistema visual de nomenar o reconèixer correctament formes i objectes o la seva orientació.

Tal i com indica (Micó, 2011), la quantificació de l'agudesia visual es realitza en funció de l'angle que subtendeix el detall més petit, mesurat des de la distància de l'ull de l'observador, que aquest és capaç d'apreciar.

Per tant, l'especificació de l'agudesia visual es realitza a partir del Mínim Angle de Resolució (MAR) definit com l'angle més petit del que poden subtendir dos punts per a que puguin ser resolts, és a dir, percebuts com a separats, pel nostre sistema visual. Les unitats de mesura del MAR són minuts d'arc.

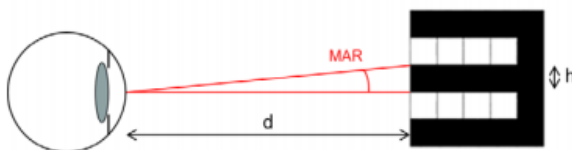


Figura 2.1. Esquema per la definició del mínim angle de resolució

D'aquesta manera i d'acord amb la *Figura 2.1*, el MAR ve donat per l'expressió:

$$\tan (MAR) = \frac{h}{d}$$

**Equació 2.1. Obtenció del mínim angle de resolució (MAR)**

Per tant, l'especificació de l'agudesa visual es realitza a partir del Mínim angle de Resolució (MAR) definit com l'angle més petit del que poden subtendir dos punts per a que puguin ser resolts, és a dir, percebuts com a separats, pel nostre sistema visual. Les unitats de mesura del MAR són minuts d'arc.

On "*h*" és la mínima separació discernible de l'objecte i "*d*" la distància d'observació. Òbviament, com més allunyat estigui un objecte mantenint constant la seva mida, menor serà l'angle que subtendeix i, més agudesa visual serà necessària per apreciar els seus detalls.

A partir del MAR i entenent l'agudesa visual com un poder separador, es defineix l'agudesa visual decimal ( $AV_d$ ) com el quocient entre el MAR estàndard (1 minut d'arc) i el MAR particular que presenta l'ull de l'observador sota la mesura (*Equació 2.2*)

$$AV_d = \frac{1'}{MAR}$$

**Equació 2.2. Obtenció de l' $AV_d$  a partir de l'angle MAR**

D'aquesta manera, a major capacitat de resolució, es correspon amb un MAR més petit i, per tant, una major  $AV_d$ . S'anomena decimal perquè el valor mig d' $AV_d$  per observadors amb visió normal és 1 i per la resta d'observadors queda expressada com una fracció decimal (Micó, 2011).

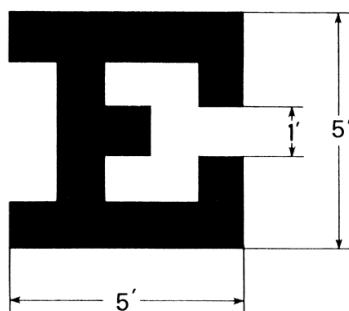
Ara bé, la mesura clínica de l' $AV_d$  implica la definició d'un determinat tipus de test compost de caràcters familiars per l'observador. La mida d'aquests caràcters depèn de la distància d'observació ja que, l'angle que subtendeix d'aquests caràcters (o dels seus detalls) ha de ser d'un minut d'arc. La majoria d'aquests tests estan compostos per lletres, números o símbols (estímuls) fàcils d'identificar, de reconèixer o de detectar per l'observador que realitza la prova. Cada un dels estímuls rep el nom d'optotip. El conjunt d'optotips organitzat en línies d'optotips de diferent mida, rep el nom de carta d'agudesa visual o carta d'optotips.

## 2.2. PRINCIPALS DISSENYS D'OPTOTIPS

Segons (Micó, 2011), el desenvolupament dels primers tests d'agudes visual va sorgir paral·lelament a l'estandardització de l'agudes visual considerada normal. A mitjans del segle XIX, es va realitzar una estadística poblacional per determinar que el valor normal o estàndard d'agudes visual és el que permet a l'observador resoldre detalls d'un minut d'arc. Per tant, per realitzar mesures d'agudes visual sobre aquesta base, es van construir optotips utilitzant una matriu de 5x5 o 5x4 unitats «alçada x amplada». D'aquesta manera, en un optotip que es correspon a una AV de la unitat, els traços i els espais entre traços subtendeixen un angle d'un minut d'arc si cada un d'ells ocupa una unitat de la matriu (Grimm W, 1991).

### 2.2.1. Optotips d'escala aritmètica o de tipus Snellen

La *Figura 2.* mostra la construcció d'una E de Snellen (Snellen, 1862) en una matriu 5x5. Així, l'alçada i l'amplada dels optotips ocupen 5 espais iguals, és a dir, subtendeixen un angle de 5 minuts d'arc per una AV igual a la unitat.



**Figura 2.2. Normalització dels optotips: E de Snellen 1862**

D'acord amb la definició de l' *Equació 2.1*, per determinar la mida angular del detall de l'optotip, ha d'especificar-se la mida de la matriu sobre la qual es defineix i la distància d'observació. Aquesta distància és convencionalment d'entre 4 i 6 metres, per a que l'estímul acomodatiu sigui nul i compatible amb les dimensions d'un gabinet optomètric. Així, la mida del quadrat de la matriu "h" en mil·límetres, on es defineixen els caràcters per una distància d'observació de 6 metres serà:  $h = 6 \tan(1') = 1,74 \text{ mm}$ . Per tant, l'alçada de l'optotip d'agudes visual igual a la unitat serà cinc vegades aquest valor, és a dir, 8,73mm. Per altres distàncies, la mida lineal de l'optotip serà aquell que mantingui la mateixa mida angular. Per tant, les cartes d'agudes visual presenten optotips de diferent mida de manera que, l'agudes visual de l'observador queda determinada per la menor mida de lletra que l'observador és capaç de discernir a una distància determinada.

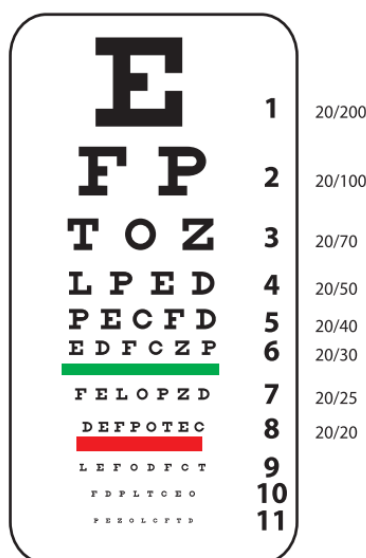
D'aquí neix una manera clínica d'expressar l'agudes visual mitjançant la notació de Snellen. S'expressa en forma de fracció entre la distància "d" a la que es realitza l'observació i la distància "D" a la que realment aquell detall subtendeix un angle d'un minut arc. A partir d'aquí, es defineix l'agudes visual

de Snellen ( $AV_s$ ) com el quocient entre ambdues distàncies (*Equació 2.3*). La forma de passar d' $AV_s$  a  $AV_d$  és calculant el quocient de la fracció de Snellen.

$$AV_s = \frac{d}{D}$$

**Equació 2.3. Obtenció de l'AV amb notació Snellen**

A la *Figura 2.3*, podem observar quin aspecte té la carta d'agudesa visual de Snellen. Actualment, és un sistema de mesura de l'agudesa visual força estandaritzat en la pràctica clínica ja que, és un element de molta disponibilitat i la mesura resulta fàcil i ràpida. La carta presenta lletres de diferents mides, disposades de tal manera que les lletres de mida més gran es troben a la part superior i les de mida més petita a la part inferior. A una distància de 6 metres (20 peus) s'avalua l'agudesa visual monocular i binocular, on cada lletra de la carta subtendeix un angle de 5 minuts d'arc.



**Figura 2.3. Carta original de Snellen 1862**

Encara que sol ser una de les cartes d'agudesa visual més àmpliament utilitzades per la mesura de l'agudesa visual en la pràctica clínica, la carta de Snellen presenta determinats errors que no demostren la seva idoneïtat (Kaiser, 2009). Bàsicament podem destacar:

1. La progressió no esglaonada de la mida dels optotips a mesura que anem canviant de línia (progressió aritmètica).
2. A cada línia hi ha un número diferent d'optotips (s'incrementa un optotip per línia fins arribar a 8 a la línia d'AV 1.0).
3. És present un salt molt gran d'AV per valors elevats.
4. La dificultat relativa per llegir millor uns optotips que uns altres (llegibilitat diferent).

Davant d'aquest conjunt d'incongruències, la carta d'agudesa visual de Snellen, des de la seva aparició, va estar sota nombroses modificacions. Del 1872 al 1922, varius congressos oftalmològics internacionals

van tractar de rectificar el problema i van intentar convertir la carta de Snellen en una escala mètrica internacional.

Més endavant, l'oftalmòleg Americà John Green (1867) va recomanar l'ús de lletres sans-serif, amb un total d'onze lletres per línia i una progressió logarítmica pel que fa a la mida de les lletres però, el món encara no estava preparat per aquest avenç (Barry, 2014). Les tipografies serif, a diferència de les sans-serif, presenten detalls addicionals a les vores del contorn de les lletres. Les tipografies sans-serif supprimeixen aquests detalls i són més clares i més llegibles (<https://en.wikipedia.org/wiki/Sans-serif>).

Ara si, Bennett al 1965 va suggerir una nova progressió geomètrica amb una raó constant de  $10^{1/10}$  o 1,2589 que ja va ser definida anteriorment per Blaskovics i Kettesy. Aquesta progressió va ser escollida pels optometristes australians Ian Bailey i Jan Lovie per expressar l'agudesesa visual en termes del logaritme del mínim angle de resolució (logMAR) de l'amplada de cada traç. D'aquí neix una nova escala de mesura de l'AV que detallarem a continuació.

### 2.2.2. Optotips d'escala logarítmica o tipus Bailey-Lovie

Posteriorment Bailey i Lovie van realitzar una revisió de les cartes d'optotips. Com a resultat van suggerir una carta d'optotips basada en una progressió logarítmica amb un salt de 0.1 unitats logarítmiques entre dues línies consecutives d'optotips. El número de caràcters és constant per totes les línies d'AV (5 optotips per línia), s'utilitzen només 10 lletres de llegibilitat similar (família de lletres Sloan: C D H K N O R S V Z i també, lletres de la Institució d'Estandardització Britànica: D E F H N P R U V Z), amb una mida de 5 unitats verticals per 4 unitats horitzontals. Per equiparar l'efecte d'apilament, l'espai entre els caràcters és el mateix que el de la seva amplada, de manera que, la separació vertical entre caràcters correspon al valor de la seva alçada. També s'indica un procediment molt estricte per decidir quan finalitza la prova i, sota totes aquestes condicions, s'aconsegueix millorar la repetibilitat de les mesures d'AV (Bailey & Lovie, 1976).

La Figura 2.4, mostra l'aspecte d'aquesta nova carta de mesura de l'AV que es coneix amb el nom de carta logarítmica de Bailey-Lovie.

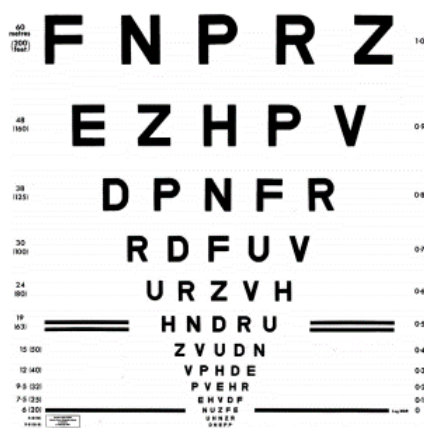


Figura 2.4. Carta d'agudesesa visual Bailey-Lovie (1976)



Aquesta nova carta està basada en una nova definició d'AV: el logaritme de MAR (*Equació 2.4*). En aquesta escala, l'AV es defineix com el logaritme de l'angle MAR expressat en minuts d'arc. En els tests de Bailey-Lovie el rang de progressió s'estén des del valor de logMAR 1 fins a 0 i continua fins a valors negatius (-0.1, -0.2, -0.3). En aquests casos, l'AV està per sobre de la unitat o, dit d'una altra manera, l'angle que subtendeix de l'amplada del traç és menor d'un minut d'arc.

$$\log(MAR) = \log\left(\frac{1}{AV_d}\right)$$

**Equació 2.4. Obtenció de l'AV amb notació logMAR**

La carta d'AV Bailey-Lovie també presenta alguna desavantatge pel que realitza la prova i és que, requereix un cert processament aritmètic per sumar o restar l'apropiat número d'optotips per obtenir el valor de l'AV d'un observador que ha llegit de manera incompleta una línia de la carta d'AV. A més a més que el fet de que un valor d'AV negatiu correspongui amb un bon valor d'AV és poc intuïtiu.

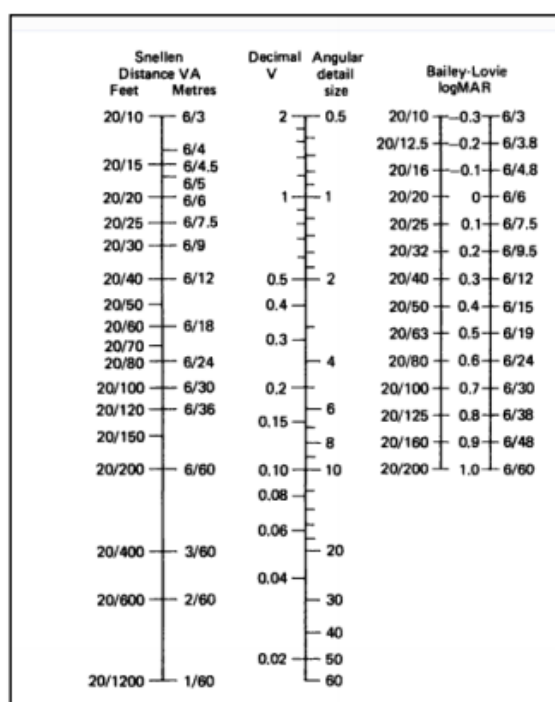
Per solucionar aquests problemes, Bailey va proposar una escala alternativa d'AV que va denominar raó d'agudes visual (VAR, de l'anglès Visual Acuity Rating), on es defineix el VAR com (*Equació 2.5*):

$$VAR = 100 - 50 \log(MAR)$$

**Equació 2.5. Obtenció de l'AV amb notació VA**

Amb aquest canvi d'escala obtingut a partir del valor del logaritme del MAR, l'AV<sub>d</sub> de la unitat pren el valor de 100 en l'escala VAR en lloc de 0 en l'escala logMAR.

A la *Figura 2.5*, es presenta una taula de conversió entre les diferents escales d'especificació de l'AV:



**Figura 2.5. Equivalències entre els diferents sistemes de mesura de l'agudes visual**

### 2.2.3. Sistema ETDRS

Al voltant del 1978, el grup “*The Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study*” (ETDRS) estava planejant un nou estudi d’investigació multicèntric sobre l’eficàcia del tractament de la retinopatia diabètica i van identificar la necessitat de:

- Millorar la precisió en la mesura de l'agudesia visual (sobretot en pacients de baixa visió).
- Establir un test d'agudesia visual estàndard per a la recerca i investigació.

Van adoptar els principis de Bailey i Lovie i van crear una carta d'agudesa visual estandarditzada anomenada ETDRS logMar. La distància d'observació estàndard d'aquesta carta, a diferència de la carta Bailey i Lovie, és de quatre metres en comptes de sis metres; l'optotip està inserit dins d'una matriu de 5x5 en comptes de 5x4 i els optotips són lletres de la família Sloan en comptes de les de l'estandardització Britànica, l'espai entre files és igual que l'alçada de les lletres de la fila més petita i així s'aconsegueix que la distància entre files sigui igual però menor (Bailey & Lovie, 2013).

La carta d'agudeses visual ETDRS (*Figura 2.6*), és probablement el gràfic logMAR més àmpliament conegut i el que millor es regeix pels principis de Bailey i Lovie. Aquests mateixos principis van ser adoptats pel Consell Internacional d'oftalmologia al 1984 (Barry, 2014).



**Figura 2.6. Carta d'agudeses visual ETDRS (1978)**

## 2.3. FACTORS QUE AFECTEN A L'AGUDESA VISUAL

La mesura de l'agudesia visual és una mesura molt imperfecta ja que, són molts els factors que intervenen sobre aquesta. Al plantejar-nos la mesura de l'agudesia visual d'un observador, existeixen una sèrie de factors que és necessari tenir en compte abans de la realització de la mesura ja que, poden intervenir en major o menor grau al valor obtingut després de realitzar la prova.

Per aquest mateix motiu és recomanable analitzar, per separat, la influència que determinats factors produeixen sobre l'agudesia visual. Per fer-ho, s'ha seguit un esquema del manual d'optometria proposat per (Martín & Vecilla, 2011) on s'ha descrit que, la mesura clínica de l'agudesia visual depèn tant de factors físics com fisiològics i també de factors psicològics del subjecte en qüestió.

### 2.3.1. Factors físics

- Les condicions d'il·luminació del gabinet o de la sala on s'ha de realitzar la prova han de ser les adequades (condicions fotòpiques) ja que, es necessita un bon nivell d'il·luminació per a ser capaços de distingir detalls ben petits i aconseguir la millor agudesia visual.
- El disseny de l'optotip que es farà servir a l'hora de la mesura és un factor ben important ja que, s'han de tenir en compte diversos aspectes com ara la luminància, el color, el contrast, el tipus de tipografia i la distància d'observació. L'ús d'una determinada carta d'optotips per la mesura de l'agudesia visual serà determinant en el resultat final de la prova.
- Factors que depenen directament del sistema visual del subjecte, és a dir, el seu estat refractiu, la mida i difracció pupil·lar i tot el conjunt d'aberracions òptiques presents.

### 2.3.2 . Factors fisiològics

- La densitat i la disposició dels fotoreceptors a la retina suposa una limitació a la capacitat de resolució de l'ull o agudesia visual. A la zona foveal de la retina, és a dir, a la retina central, hi ha una densitat de cons molt més elevada que a la retina perifèrica, que és on s'hi troben els bastons (Figura 2.7). A conseqüència d'això, l'agudesia visual és màxima a la retina central (fòvea) i va disminuint a mesura que, augmenta l'excentricitat i passes a la retina perifèrica.

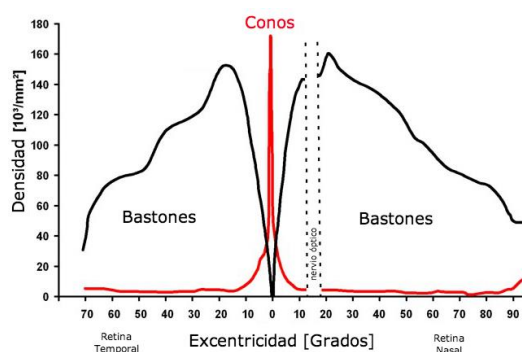


Figura 2.7. Densitat i disposició dels fotoreceptors a la retina

- L'excentricitat de fixació aproximadament a  $10^\circ$  al voltant de la fòvea produeix la reducció d'un terç del valor màxim d'agudeses visual. Davant d'una fixació excèntrica, la zona de fotoreceptors estimulats no es correspon a la fòvea, que es el punt de màxima agudeses visual, i s'estimula una porció més excèntrica de la retina, que es correspon amb una densitat més baixa de cons.
- La motilitat ocular del sistema visual és responsable de la qualitat dels micro-moviments sacàdics que ulls realitzen per proporcionar estabilitat a la fixació. Una mala qualitat d'aquests micro-moviments sacàdics pot afectar al valor d'agudeses visual.
- L'edat del subjecte és un factor que s'ha de tenir en compte ja que, l'agudeses visual és molt baixa al néixer i millora amb l'edat (emmetropització) per estabilitzar-se i decaure lentament a partir dels 40-45 anys.
- La monocularitat i/o binocularitat. L'agudeses visual binocular és normalment entre el 5 i 10% major que la monocular.
- L'efecte d'alguns medicaments com ara midriàtics, miòtics i cicloplègics també poden afectar al valor d'agudeses visual.
- Algunes malalties oculars i/o sistèmiques com ara la queratoconjuntivitis o la diabetis mellitus.
- Els factors neuronals que s'encarreguen de la transmissió de la informació a través de la via visual (*Figura 2.8*). Si existeix qualsevol tipus d'afectació a nivell de la via visual, el camp visual es troba directament afectat i l'agudeses visual també.
- El grau de desenvolupament del còrtex visual a nivell cerebral.

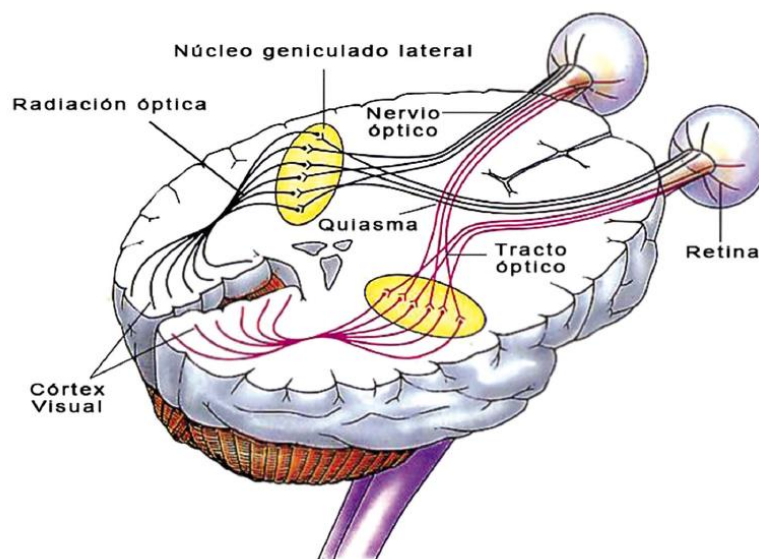


Figura 2.8. Esquema de la via visual i còrtex visual

### 2.3.3. Factors psicològics

- Experiències prèvies del subjecte amb la prova a realitzar.
- La fatiga física o psíquica del subjecte.
- La motivació a l'hora de realitzar la prova.

## 2.4. AGUDESA VISUAL EN VISIÓ PROPERA

La mesura de l'agudesia visual en visió propera és un aspecte molt important a tenir en compte dins de l'examen optomètric ja que, avui dia, la majoria de les tasques que realitzem en el nostre entorn són a distàncies curtes. S'ha de tenir en compte que, l'agudesia visual en visió propera també depèn d'una sèrie de factors tals com: l'agudesia visual en visió llunyana, la capacitat acomodativa i la necessitat o no d'una addició en visió propera.

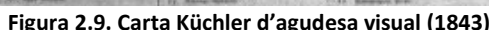
L'habilitat del nostre sistema visual per discernir detalls petits a distàncies curtes es pot avaluar mitjançant cartes d'agudesia visual especialment dissenyades per aquestes distàncies. Tal i com hem explicat abans, el disseny de la majoria d'aquestes cartes es regeix pels principis proposats per Bailey i Lovie (Bailey & Lovie, 1976): la carta d'agudesia visual ha d'estar formada per lletres de llegibilitat semblant, el nombre de lletres de cada fila ha de ser el mateix, l'espai entre les lletres i entre les files de lletres ha de ser proporcional a la mida de lletra més petita i, la mida de la lletra decreix sota una progressió logarítmica. D'aquesta manera, la mida angular de la lletra és l'únic paràmetre que determina el valor de l'agudesia visual de l'observador a una distància determinada.

Ara bé, en la pràctica clínica, a l'hora d'avaluar l'agudesia visual en visió propera, s'avalua sistemàticament la capacitat del sistema visual per reconèixer certs optotips, és a dir, si l'observador és capaç o no d'identificar-los a la distància establerta i generalment no es té en compte l'habilitat d'aquest per llegir-los (Ricci, Cedrone, & Cerulli, 1998). La lectura és una tasca ben complexa i qualitativament diferent al reconeixement d'optotips individuals i, encara que el desenvolupament de nous tests per avaluar l'habilitat lectora d'un observador té una llarga història i una extensa literatura, avui dia ens trobem davant d'un pilar de contraindicacions pel que fa a la mesura clínica d'aquesta (Gary, 2013).

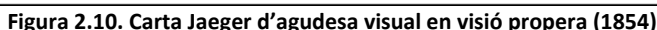
Per aquest mateix motiu i per donar una bona perspectiva, a continuació, s'ha realitzat una recerca bibliogràfica referent al desenvolupament de les cartes d'agudesia visual que, a part de mesurar-la, tenen en compte l'habilitat lectora de l'observador.

### 2.4.1. Breu història del desenvolupament de les cartes d'agudesia visual

Fent un breu repàs a la història, tal i com (Gil del Río, 1984) va descriure en el seu llibre d'Òptica Fisiològica Clínica, Küchler al 1836 va ser el primer en presentar una escala d'optotips per la mesura de l'agudesia visual en visió propera (*Figura 2.9*). La seva carta d'agudesia visual estava feta a base de retalls de diferents figures de paper de diari, llibres, calendaris etc. Al 1843 va publicar la seva nova versió de carta d'agudesia visual, formada per dotze línies de lletres negres de mida decreixent i la mesura de l'agudesia visual es basava en el reconeixement i lectura d'aquestes.



Oficialment, el primer test de lectura va ser desenvolupat per Eduard von Jaeger al 1854, anterior a la introducció dels primers tests d'agudeses visual introduïts per Snellen (1860-1870). Tal i com podeu observar a la *Figura 2.10*, la carta de Jaeger estava formada per diversos fragments de texts de mida decreixent amb un sistema de notació propi que va anomenar “J”. Independentment de que els texts originals de Jaeger seguien una estricta progressió geomètrica pel que fa a la mida de la lletra dels texts, la seva notació va ser molt criticada. Tant la carta d'agudeses visual de Kùchler com la de Jaeger van ser construïdes de manera arbitrària i, per aquest mateix motiu, mai han estat àmpliament utilitzades ni estandarditzades.



© Universitat Politècnica de Catalunya, any 2017. Tots els drets reservats.



notació M designa la distància (en metres) per la qual un objecte subtendeix un angle de 5 minuts d'arc. Per tant, una lletra d' 1M subtendeix 5 minuts d'arc a un metre de distància.

Tal i com podeu veure a la *Figura 2.11*, les cartes de lectura de Sloan estaven formades per un paràgraf curt d'una mateixa mida de lletra per a cada carta de lectura. La quantitat de text varia en funció de la mida de la lletra, des d'unes quantes paraules en la notació 20M fins a un paràgraf complet en la notació d'1M. Encara que l'ús de la notació M ha sigut bastant popular, sobretot en clíniques de baixa visió, no ha sigut àmpliament adoptada en l'àmbit de l'oftalmologia clínica.

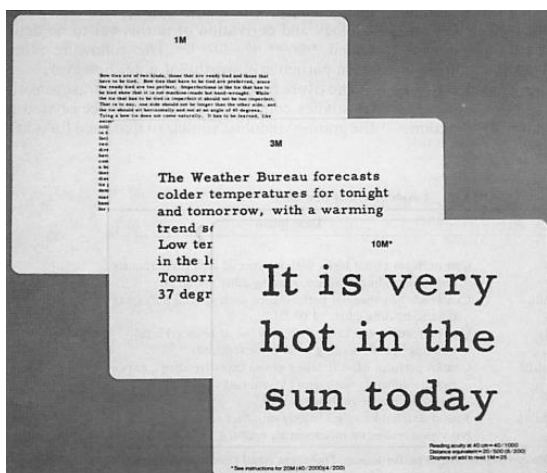


Figura 2.11. Cartes de lectura de Sloan amb notació M (1959)

El següent avenç significatiu en l'avaluació de l'habilitat lectora va ser la introducció de la carta de lectura de Bailey-Lovie al 1980 (Bailey & Lovie, 1980). Aquesta carta presenta de dues a sis paraules per línia, sense cap mena de relació entre elles i, la mida del text decreix a base d'un percentatge constant d'una línia a una altra (*Figura 2.12*). La mida de la lletra està representada en unitats logMAR ( $\log_{10}$  del mínim angle de resolució). Tot i que aquestes cartes també han estat força criticades pel que fa a la longitud de les paraules (algunes paraules són de més de 10 lletres) i per la dificultat que comporten als lectors pobres, les targetes de lectura de Bailey-Lovie encara s'utilitzen avui dia per calcular la magnificació (augment) requerida per la lectura de fragments impresos de mida de lletra normal (Gary, 2013).



Figura 2.12. Carta de Bailey-Lovie il·lustrada amb progressió logMAR (1980)



Posteriorment, Legge i els seus companys van introduir el MNREAD Test al 1989 (Minnesota Low-Vision Reading Test) (Legge, Ahn, Klitz, & Luebker, 1997). Originalment va ser dissenyat com un test computeritzat però, aviat va ser imprès i convertit en una nova carta de mesura (*Figura 2.13*).

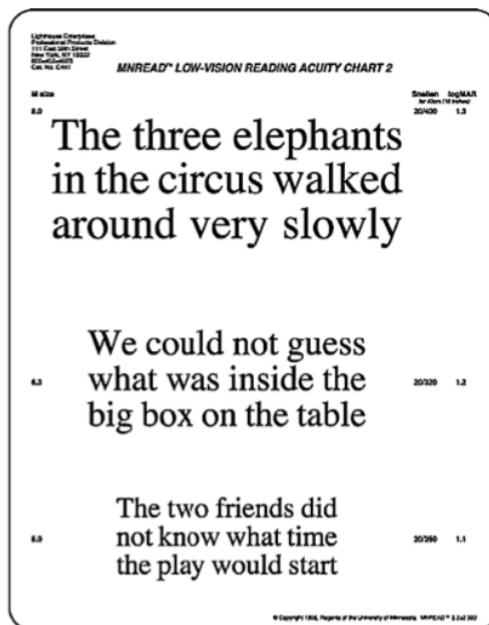


Figura 2.13. MNREAD Test (1989)

El MNREAD Test original estava format tant per frases com per paraules sense cap mena de relació entre elles amb una mida de lletra fixa que subtendia un angle de  $6^\circ$  a una distància de 20cm. Els fragments o paraules amb la mida de lletra impresa més gran, van ser designades per a la mesura de la velocitat lectora en comptes de l'agudesia visual. D'aquesta manera, aquestes cartes amb una mida de lletra més gran van ser reemplaçades per la carta MNREAD d'agudesia visual, la qual va ser dissenyada per a mesurar l'agudesia visual en lectura i la màxima velocitat lectora (Mansfield, Ahn, Legge, & Luebker, 1993). Aquesta nova carta consistia d'una sèrie de frases de 60 caràcters disposades en dues línies. La mida de la lletra de les frases decreix basant-se a una progressió de 0.1 unitats logarítmiques des d'un màxim de 1.3 logMAR (equivalent a una  $AV_d$  de 0.05 a 40cm) fins a -0.5 logMAR (equivalent a una  $AV_d$  de 3.33 a 40cm).

Amb aquesta nova versió, l'agudesia visual en lectura es correspon amb la mida de lletra més petita que es pot llegir, mentre que, la màxima velocitat lectora té a veure amb el número de paraules per minut llegides correctament de cada frase, amb el menor temps possible.

Paral·lelament, Radner, al 1998 va introduir el concepte de "sentences optotypes" i va crear les RADNER Reading Charts (*Figura 2.14*) on, les frases estan dissenyades de tal manera que: totes tenen el mateix número de paraules (14 paraules), la longitud de les paraules és la mateixa, cada paraula té el mateix número de síl·labes, mateix número de caràcters i, el grau de dificultat lèxic i sintàctic és el mateix en totes les frases. Tal i com hem dit, aquestes frases de 14 paraules estaven disposades en tres línies de 82-84 caràcters amb espais inclosos (27-28 caràcters per línia) i 22-24 síl·labes.

Les Radner Reading Charts també estan presentades sota una escala logarítmica i també ofereixen notació M i Snellen per una distància de 32 i 40 cm i la mida de la lletra varia des de 6.3M a 0.25M (valors de 0.06 a 1.6 de l'escala d'AV decimal a 40cm) (Radner, 1998).

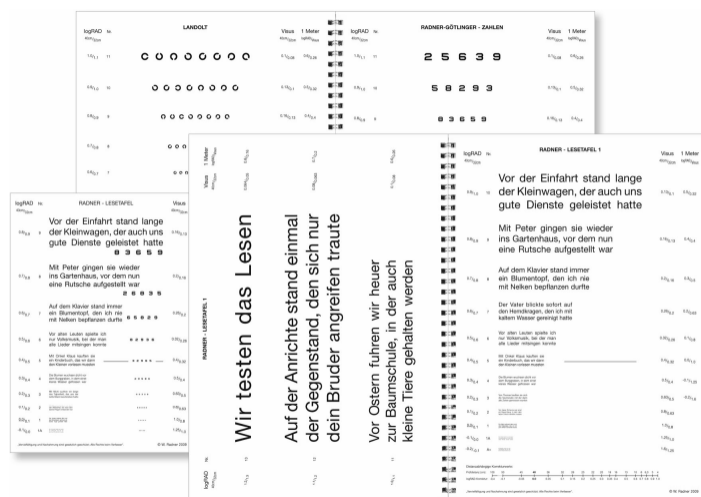


Figura 2.14. Radner Reading Charts (1998)

Varies de les proves de lectura més comunes estan disponibles en diferents idiomes. No obstant, al 2005, es va desenvolupar una prova dissenyada específicament per a poder dur a terme comparacions entre llengües diferents. Aquesta es va anomenar “*The International Reading Speed Texts (IR-eST)*” i està formada per paràgrafs d’aproximadament 170 paraules (en la versió Anglesa), els quals tenen certa similitud pel què fa a la freqüència de paraules entre les diferents llengües i complexitat lèxica. Originalment, en la seva primera edició, va ser publicat en sis idiomes diferents però, aviat va ser traduït i publicat en setze llengües diferents (Trauzetterl-Klosinski, 2012).

## 2.5. LA LECTURA

En el diccionari de la RAE (Real Acadèmia Española) trobem definida la lectura com l’acció de llegir i, per altra banda, llegir ho defineix com l’acció de passar la vista per l’escrit o l’imprès comprenent la significació dels caràcters empleats. Amb aquesta definició podem adonar-nos de la importància que pren el sistema visual per al desenvolupament d’aquesta tasca que anomenem lectura.

La lectura és una tasca multidimensional en la qual es manifesten aspectes físics i psíquics com: concentració, reflexió, coordinació motora, memòria, atenció, entre d’altres.

Podem afirmar que en el procés de la lectura intervenen 4 processos psicolingüístics (Nadal, 2011):

- **El procés perceptiu:** és el procés relacionat amb el reconeixement de les paraules. Inicialment s’identifiquen les lletres de forma aïllada i més tard formem les paraules.

La informació presentada és extreta pels mecanismes perceptius i emmagatzemada, durant un breu període de temps a la memòria visual.

- **El procés lèxic:** és el procés mitjançant el qual es reconeixen les paraules i accedim al seu significat.
- **El procés sintàctic:** relacionat amb l'habilitat per comprendre com estan connectades les paraules entre si.
- **El procés semàntic:** és el procés relacionat amb extreure el significat de la frase o del text que estem llegint.

### 2.5.1. Procés neurològic de la lectura

La lectura, a nivell cerebral, implica un procés neurològic molt complex: les àrees visuals i orals es troben íntimament relacionades. Per a poder realitzar una lectura eficient, el sistema parvocel·lular (visió central, zona macular, visió del detall i del color) i magnocel·lular (visió perifèrica, visió tosca i del moviment) han de treballar de forma independent però sincronitzadament (Urtubia, 1999).

El sistema magnocel·lular orienta els moviments oculars per a poder dirigir la mirada al punt d'interès. Per això, cal una motivació, una necessitat, desig o intenció de llegir. En aquest moment, el sistema parvocel·lular envia la informació del detall fins al còrtex visual primari (V1), situat al lòbul occipital. Aquesta informació passa per a ser analitzada al còrtex visual d'associació (V2, V3, V3a, V4 i V5 o migtemporal MT) on es produeix la identificació.

Per a poder dur a terme la transcripció de grafema a fonema, la informació del còrtex visual d'associació passa a la circumvolució angular (àrea 39 de Brodmann), on es transmet la informació fins l'àrea de Wernicke (àrea 22 de Brodmann), on es reconeixen i comprenen les paraules i el sentit de les oracions.

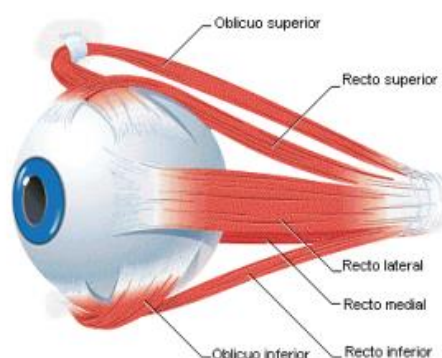
Si la lectura és en veu alta, la informació es transmet del fascicle arquejat fins a l'àrea Broca (àrea 44 i 45 de Brodmann) l'encarregada de l'articulació de les paraules juntament amb l'àrea motora del cerebel i ganglis basals.

## 2.6. HABILITATS VISUALS INVOLUCRADES EN LA LECTURA

Les habilitats visuals involucrades en el procés de lectura són: la motilitat ocular, discriminació visual, memòria visual i les habilitats d'orientació espacial. No obstant, per a poder tenir una bona discriminació visual la persona haurà de tenir una bona acomodació i visió binocular, per a poder veure nítides les formes a interpretar.

## 2.6.1. Motilitat ocular

Per a poder llegir, els ulls han de moure's de manera adequada i coordinada sobre els objectes d'interès. Els ulls es troben dins de la cavitat cranial orbitària, envoltats de greix i s'insereixen a ells els sis músculs extraoculars. Això permet que el moviment sigui suau i complert amb possibilitat de rotació. Aquests músculs estan innervats pel III, IV i VI parell cranial. A la *Figura 2.15*, podeu veure una representació de la musculatura extraocular. L'objectiu del moviment d'aquests músculs és portar la imatge que es vol veure a la fòvea de l'ull (Tapias, M, 2001).



**Figura 2.15. Musculatura oculomotora**

### 2.6.1.1. Classificació dels moviments ocular segons la funcionalitat del moviment

Existeix una classificació dels moviments oculars que es basa en la funcionalitat d'aquests moviments (Carpenter, 1988). Segons aquest criteri funcional, es determinen tres grups i tipus de moviments (*Taula 2.1*).

<b>Moviments de compensació del moviment cranial i de l'entorn visual</b>	Reflexos vestibulars oculars
	Reflexos optocinètics
<b>Moviments per al desplaçament de la mirada</b>	Sacàdics
	Seguiments
<b>Micromoviments associats a la fixació ocular</b>	Microsacàdics
	Moviments de Drift
	Moviments de tremor

**Taula 2.1. Taula de classificació dels moviments oculars basada en la seva funcionalitat**

Els moviments de compensació del moviment cranial i de l'entorn visual són moviments que compensen el moviment del cap o el moviment dels objectes de l'entorn visual, per a mantenir la mirada fixa al punt d'interès. Tal i com veieu a la *Taula 2.*, se'n distingeixen de dos tipus:

- **Reflexos vestibulars oculars:** compensen el moviment del cap.
- **Reflexos optocinètics:** compensen el moviment dels objectes.

Els moviments per al desplaçament de la mirada, permeten canviar el punt d'interès, compensar el canvi de postura i mantenir l'atenció sobre un objecte en moviment. Es classifiquen en dos grups:

- **Sacàdics:** permeten canviar de forma ràpida el punt de fixació d'un objecte a un altre. Aquests moviments són típics en la lectura, per tant, a continuació es farà una breu explicació de les característiques principals d'aquests moviments.
- **Seguiments:** mantenen la visió nítida d'un objecte en moviment.

Per últim, els moviments de fixació són micromoviments de petita amplitud inconscients que serveixen per a mantenir la visió nítida sobre un objecte d'interès. Se'n coneixen de tres tipus diferent:

- **Microsacàdics**
- **Moviments de Drift**
- **Moviments de tremor**

#### 2.6.1.2. Moviments oculars durant la lectura

Els moviments oculars estan integrats en un procés cognitiu més elevat que inclou l'atenció, la memòria i la utilització de la informació visual percebuda. Per a realitzar els moviments oculars són necessaris mecanismes visuals que requereixen l'organització del sistema premotor, dinàmica ocular y control superior dels moviments conjugats (Martín M. P., 2003).

Per a poder efectuar la lectura d'un text de forma eficient necessitem realitzar tres tipus de moviments: moviments sacàdics, pauses de fixació i moviments de regressió.

Quan llegim, els ulls no segueixen el text de manera regular i continuada per cada un dels ítems/lletres, sinó que aquests van realitzant petits salts entre grups de lletres o paraules. Quan realitzem aquests salts, els ulls estan realitzant moviments sacàdics. Aquests moviments sacàdics són els més importants durant la lectura. Es tracta de moviments de desplaçament de la mirada ràpids (de 10 a 30 milisegons) que ens permeten passar l'atenció, en la tasca de lectura, d'una lletra a una altre o, en la lectura global, d'una paraula a una altre. Els moviments sacàdics venen caracteritzats per (Gila, Villanueva, & Cabeza, 2009):

- **Amplitud:** ve definida per la posició de l'ull a l'inici del sacàdic i per la posició de l'ull al final del sacàdic (Leigh, 2011). L'amplitud d'aquests moviments oscil·la entre els 2 i 4 graus. (Álvarez & González, 1996).
- **Latència:** Es tracta del temps que passa des de que es presenta l'estímul fins que els ulls comencen a realitzar el moviment sacàdic (*Figura 2.16*). És un paràmetre molt variable encara que, els valors de normalitat se situen sobre els 200-250 milisegons aproximadament (Yang, Bucci, & Kapoula, 2002).

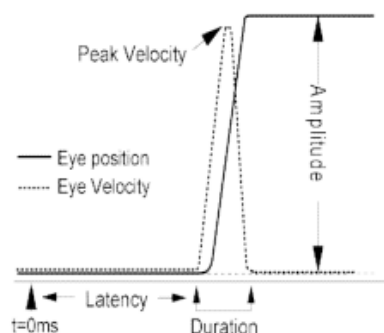


Figura 2.16. Exemple de sacàdic on podem observar el temps de latència just abans de l'inici del sacàdic

- **Duració:** La duració d'aquests moviments sacàdics en lectura pot arribar a oscil·lar entre 20 i 200 milisegons (Álvarez & González, 1996).
- **Velocitat:** la velocitat dels moviments sacàdics ve condicionada per l'amplitud i per la duració d'aquests. L'inici del sacàdic es caracteritza per una acceleració molt ràpida que correspon a la velocitat màxima i transcorre durant un període de temps molt breu, entre 40-50 milisegons (Becker, 1989). Seguidament hi té lloc una desacceleració fins arribar a la posició estable. La duració d'aquesta és major que la d'acceleració. Els sacàdics poden aconseguir velocitats de 50 a 700 graus/segons (Baloh, Sills, Kumley, & Honrubia, 1975).
- **Precisió:** diferència que hi ha entre la posició de l'ull al finalitzar el moviment sacàdic i la posició de l'estímul d'interès. La precisió és independent de la latència. Al realitzar un moviment sacàdic, aquest pot realitzar un recorregut més curt del moviment previst, es tracta d'un moviment hipomètric. Quan el recorregut realitzat és major del moviment previst parlarem d'un moviment hipermètric. A la Figura 2.17, podeu veure un exemple d'aquests moviments.

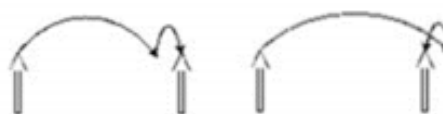
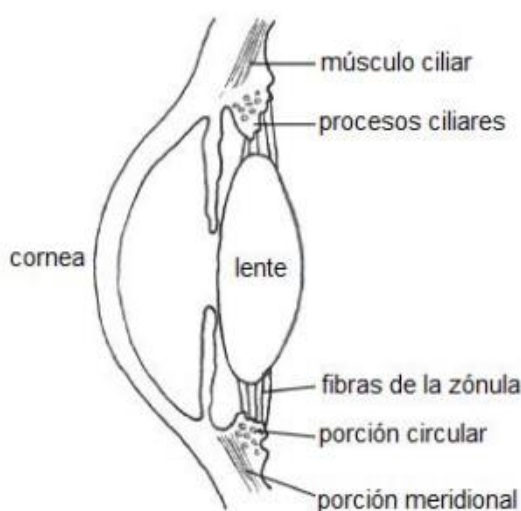


Figura 2.17. Representació d'un sacàdic hipomètric (esquerra) i hipermètric (dreta)

Per altra banda, durant la lectura, els ulls realitzen petites pauses de fixació per captar la informació (percepció visual). En els bons lectors té una durada de 250 milisegons aproximadament (Díaz, Gómez, Jiménez, & Martínez, 2004). I per últim, els moviments de regressió són moviments sacàdics cap a l'esquerra. Aquests moviments són necessaris per a la correcció d'una lectura errònia, tornar a llegir algun concepte interessant o de major dificultat i corregir errors oculomotors. Les regressions augmenten directament i proporcionalment amb la dificultat del text (Apel, 2012).

### 2.6.2. Acomodació

L'acomodació és la capacitat del globus ocular per variar ràpida i progressivament el poder refractiu del cristal·lí i automàticament enfocar objectes situats a diferents distàncies de la retina. El procés d'acomodació, que implica el sistema acomodatiu (*Figura 2.18*), inclou la contracció del múscul ciliar, el qual relaxa la tensió de les fibres de la zònula de Zinn, permetent a la lent elàstica (cristal·lí) augmentar la seva curvatura, especialment la de la superfície frontal. Juntament amb aquests canvis, el diàmetre equatorial del cristal·lí disminueix i provoca un augment de l'espessor de la lent. Aquest procés també comporta una reducció del diàmetre proximal i convergència, és el procés que anomenem triada proximal (Sterner, 2004).



**Figura 2.18. Sistema acomodatiu**

Qualsevol alteració de la capacitat acomodativa pot ser indicativa d'algun problema funcional, ja sigui causat per l'efecte normal d'envelliment del cristal·lí (presbícia), per una patologia, una reacció a un fàrmac o per una insuficiència d'acomodació, i pot afectar directament a l'habilitat lectora d'un subjecte (García-Castellón, 2012).

### 2.6.3. Visió Binocular

La visió binocular es defineix com la integració de la informació visual monocular sensorial i motora en una percepció combinada de l'espai físic circumdant. La percepció visual està fortament arrelada al cervell però, aquesta percepció es veu afectada per la memòria visual.

Això provoca que de vegades reaccionem als estímuls visuals abans de que siguem conscients de que estan succeint. La visió binocular dels humans té diversos avantatges sobre la visió monocular i sobre la visió biocular: visió simple en lloc de visió doble, la percepció de profunditat (estereòpsis), la separació figura-fons, la convergència binocular, la localització espacial, etc.



Aquest procés de sumació de la visió monocular millora el rendiment binocular sobre el monocular per (Stidwill & Fletcher, 2011):

- Una millor agudesia visual i una millora de les freqüències espacials altes de la sensibilitat al contrast.
- Detecció de llum absoluta al llindar de la percepció.
- Funció llindar de sensibilitat al contrast.
- El temps de reacció a estímuls visuals intermitents.

Les anomalies de la visió binocular són les disfuncions més comunes i estan relacionades amb una simptomatologia típica com ara: mal de cap, cansament visual, dolor ocular, diplopia ocasional, visió borrosa intermitent, etc. Al voltant del 20% de pacients que acudeixen a una clínica oftalmològica presenten anomalies binoculars o heterofòries descompensades (Momeni-Moghaddam, Goss, & Ehsani, 2012). És evident, doncs, que qualsevol anomalia a nivell binocular pot causar deficiències en l'habilitat lectora d'un subjecte.

Les dificultats a l'hora de llegir es manifesten sobretot davant d'una insuficiència de convergència per un punt proper de convergència allunyat (García-Castellón, 2012).

## 2.7. VELOCITAT LECTORA

Un aspecte que s'ha de tenir en compte en el procés de la lectura i en el que la motilitat ocular té un paper determinant és la velocitat lectora, que consisteix en la capacitat que té un lector per llegir un text en un temps determinat, sense cometre errors i sent capaç de comprendre el text (Martin, 2003). La velocitat lectora està influenciada per una sèrie de condicions de lectura, com poden ser el tipus de text i el vocabulari empleat, el moment del dia en el que tingui lloc la lectura (factor vinculat directament amb el cansament), el tipus i la mida de la lletra o si la lectura és realitzada en veu alta o de manera silenciosa (Recasens, 2005). La velocitat lectora comprèn uns processos cognitius diferents als implicats en la precisió lectora, això implica que: l'edat en la que s'aconsegueix la maduresa en la precisió i en la velocitat lectora són diferents. Mentre que les tasques de precisió lectora són dominades entre els 7 i 8 anys, la maduresa en la velocitat lectora no s'aconsegueix fins als 14 anys (Gonzalez, Matute, Inozemtseva, Guajardo, & Rosselli, 2011).

La velocitat lectora es considera un element molt important per a determinar la eficàcia o habilitat lectora de cada subjecte. Pot definir-se com: "el número de paraules que som capaços de llegir en una unitat de temps" (Recasens, 2005).

Tots els moviments oculars realitzats durant la lectura i explicats en l'apartat anterior, influeixen en la velocitat lectora. No obstant, els factors més importants són els següents (Díaz, Gómez, Jiménez, & Martínez, 2004):

- **Duració de les pauses de fixació:** la durada de la pausa de fixació es veurà afectada pel tipus de text. Quan augmenta la complexitat del text, quan les paraules són desconegudes o més

llargues, el temps de les fixacions és més elevat. Els lectors deficients necessiten més pauses de fixació que els bons lectors. Per tant, quan la fixació és més llarga o quan més fixacions es duen a terme, la lectura és més lenta. Per a realitzar una lectura eficaç, la durada i el número de pauses de fixació han de ser les menors possibles.

- **Amplitud del camp visual:** es refereix a l'àrea de cada fixació en la que es recull la informació visual. Quan més gran és la percepció visual i l'espai de reconeixement, més ràpid es llegeix. Això es degut a que es capten més caràcters en cada fixació i, d'aquesta manera, es pot obtenir més informació en un temps menor.
- **Número de regressions:** el número de regressions incrementarà la velocitat lectora. Aquest número es veurà afectat per la dificultat del text tant a nivell cognitiu com de vocabulari. I farà una relació directament proporcional amb la velocitat lectora. Les regressions es realitzen per:
  - ✓ Corregir una lectura errònia de paraules o frases.
  - ✓ Rellegir els detalls interessants o de major dificultat.
  - ✓ Donar significat a paraules desconegudes.
  - ✓ Corregir errors oculomotors, és a dir, una incorrecta realització dels moviments sacàdics comportarà un major nombre de regressions.

Amb tot el que hem explicat anteriorment, veiem la importància que prenen els moviments oculars en l'habilitat lectora d'un subjecte, adaptant-se a la velocitat requerida en cada moment.

Amb tot aquest recull d'informació, destacar la importància que pren l'agudesia visual com a indicador de la quantitat/qualitat de visió d'un observador i de la relació d'aquesta amb l'habilitat lectora. Per altra banda, destacar el continu desenvolupament d'optotips d'agudesia visual destinats a mesurar l'habilitat lectora de les persones i la manca d'aquests en llengua catalana.

### 3. JUSTIFICACIÓ

La finalitat d'aquest treball és la valoració del nou disseny d'optotip per la mesura de l'agudesa visual en lectura i velocitat lectora en llengua catalana.

Avui en dia i en el nostre entorn, la major part de la demanda visual de les persones és a distàncies curtes. En la pràctica clínica, a l'hora d'avaluar l'agudesa visual en visió propera, s'avalua sistemàticament la capacitat del sistema visual per reconèixer certs optotips, és a dir, si l'observador és capaç o no d'identificar-los i, generalment, no es té en compte l'habilitat d'aquest per llegir-los. La lectura és una tasca ben complexa i qualitativament diferent al reconeixement d'optotips individuals i, encara que el desenvolupament de nous tests per avaluar l'habilitat lectora d'un observador està en continu desenvolupament, ens trobem davant d'una manca d'optotips dissenyats per mesurar l'agudesa visual en lectura i velocitat lectora en llengua catalana.

### 4. OBJECTIUS

#### **Objectiu principal:**

Disseny d'un nou optotip, d'agudesa visual en lectura i velocitat lectora en llengua catalana.

#### **Objectius específics:**

- Valorar la mesura de l'agudesa visual monocular i binocular mitjançant un test de lectura en visió propera.
- Valorar la mesura de la velocitat lectora mitjançant un test de lectura en visió propera.
- Determinar la concordança de les mesures d'agudesa visual i velocitat lectora mitjançant un test de lectura en visió propera.
  - Observar si els resultats obtinguts per un mateix observador són iguals amb una setmana de diferència.
- Determinar la influència de l'edat en les mesures d'agudesa visual i velocitat lectora mitjançant un test de lectura en visió propera.

## 5. METODOLOGIA

En aquest apartat es presentaran, primer de tot, els requisits ètics, legals i jurídics que han de complir les investigacions clíniques. Seguidament, s'exposen el disseny de l'estudi, els criteris d'inclusió i exclusió que es van seguir per a la selecció de la mostra, quin va ser el material que es va utilitzar per a la realització de la part experimental de l'estudi, com va ser dissenyat l'optotip d'agudesa visual de lectura i velocitat lectora i, finalment, quin és el procés que s'ha seguit per a la validació del disseny.

### 5.1. REQUISITS ÈTICS, LEGALS I JURÍDICS

Abans de realitzar qualsevol tipus d'investigació, especialment quan la investigació es realitza amb éssers humans, s'han de conèixer els requisits ètics, legals i jurídics que aquesta comporta. L'Associació Mèdica Mundial (AMM) ha promulgat la Declaració de Hèlsinki com una proposta de principis ètics, legals i jurídics per a la investigació mèdica en éssers humans, inclosa la investigació del material humà i d'informació identificable. És per això que aquest estudi es basarà en la declaració de Hèlsinki.

La declaració de Hèlsinki és un document internacional molt important pel que fa a la ètica de la investigació biomèdica, aplicable des del Juny de 1964, que s'utilitza quan es duen a terme diversos estudis amb éssers humans.

D'aquesta manera, s'ha de realitzar una explicació del projecte i també del mètode i/o protocol que s'ha seguit durant l'estudi, incloent-hi l'anàlisi de possibles riscos i beneficis obtinguts en altres estudis semblants.

D'acord amb el que s'acaba de dir, aquest estudi queda exclòs de qualsevol risc ja que, en cap moment, s'ha mantingut cap tipus de contacte físic amb el sistema visual dels pacients, és a dir, les proves que s'han realitzat no són invasives. Els individus que han participat en l'estudi són tots voluntaris i se'ls hi va proporcionar amb anterioritat tota la informació referent a l'estudi.

En tot moment es respecta el dret dels participants, guardant la seva identitat i confidencialitat, així com respectant el dret del participant a abandonar l'estudi si ho considera necessari. L'individu ha hagut de llegir i firmar el consentiment informat, on es troba tota la informació detallada de l'estudi. A més a més, el consentiment ens servirà per la recol·lecció, anàlisi, emmagatzemament, tractament i reutilització de les dades clíniques obtingudes, mantenint en tot moment la seva exactitud i resultats obtinguts a la prova (*Veure Annex 1*).

Finalment, abans de començar amb les mesures per a poder realitzar l'estudi, ens vam assegurar de que el pacient havia entès tota la informació donada i explicada. En cas afirmatiu, començàvem a realitzar les proves.

## 5.2. DISSENY DE L'ESTUDI

Aquest estudi és observacional i transversal de casos no consecutius.

## 5.3. SELECCIÓ DE LA MOSTRA

La mostra de subjectes d'aquest estudi ha estat calculada per 20 subjectes, tots amb visió dins dels paràmetres de normalitat, dividits en dos grups d'edats diferents. El grup A (10 subjectes joves) amb edats compreses entre 20 i 30 anys i, el grup B (10 subjectes adults) d'entre 50 i 65 anys. Pel que fa la distribució de sexe entre subjectes, es pretén que sigui el més equitatiu possible.

Els criteris d'inclusió i d'exclusió que es van aplicar per la selecció de la mostra van ser:

### Criteris d'inclusió:

- Presentar un defecte refractiu inferior a  $\pm 7.00$  diòptries esfèriques.
- Presentar un astigmatisme inferior a  $-2.00$  diòptries cilíndriques.
- Presentar una agudesa visual en visió llunyana i propera de  $\leq 0.00$  logMar (amb el defecte refractiu corregit, incloent-hi l'addició de visió propera pels subjectes prèsbites).
- Pel que fa a binocularitat, tots els valors de fories, tant en visió de lluny (VLL) com en visió de prop (VP) i el punt pròxim de convergència (PPC) es troben dins dels valors de normalitat (CT en VLL: de 2 diòptries prismàtiques (dp) d'endofòria a 2 dp d'exofòria; VP: de 2 dp d'endofòria a 6 dp d'exofòria i PPC  $\leq 10$ cm).
- El punt pròxim d'acomodació (PPA) ha d'estar dins dels valors de normalitat pel que fa a l'edat del subjecte en qüestió.

### Criteris d'exclusió:

- Presentar o haver presentat ambliopia, malalties o traumes oculars i dislèxia.
- Haver estat sotmesos a cirurgia refractiva

Tal i com hem comentat abans, tots els pacients que complien els criteris d'inclusió, abans de començar l'estudi, van haver de llegir i signar el consentiment informat (*Veure Annex 1*).

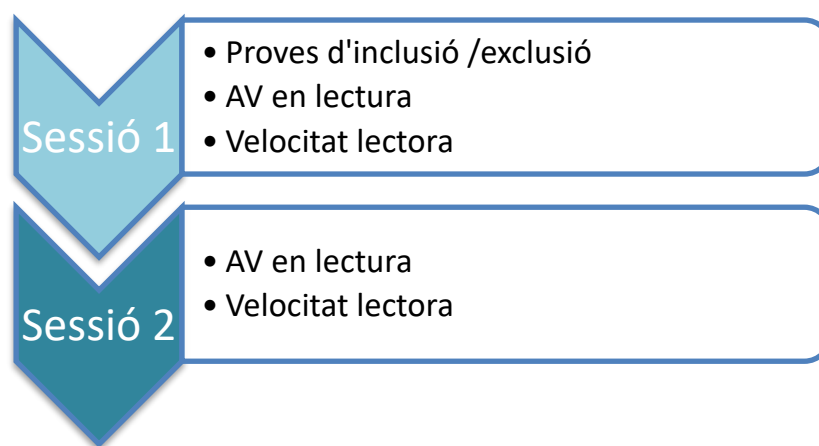
Durant la realització de cada una de les proves, es va controlar de manera molt estrica que el pacient hagués entès correctament les indicacions donades per l'examinador i els resultats van ser anotats a la fitxa clínica de cada pacient (*Veure Annex 2*).

## 5.4. PROTOCOL DE MESURA

Tant les proves d'inclusió i exclusió com tot el protocol de mesures, les vam realitzar a les instal·lacions del Centre de Desenvolupament de Sistemes, Instrumentació i Sensors (CD6) del Campus Universitari de Terrassa durant el mes d'Abril i principis del mes de Maig de 2017.

Les mesures es van realitzar en dues sessions diferents per poder estudiar la repetibilitat del test d'agudes visual en lectura i velocitat lectora i, d'aquesta manera, evitar el cansament dels subjectes vers la prova i el risc de que s'apreguessin les frases de memòria.

En el següent diagrama es poden veure les proves que es van fer a cada una de les sessions:



### 5.4.1. Primera sessió

Un cop el subjecte arriba a la consulta, primer de tot, se li fan les proves d'inclusió i exclusió:

- **Anamnesis:** es pregunta al subjecte si té història prèvia d'ambliopia, cirurgia refractiva, traumes o malalties oculars. En cas afirmatiu el subjecte queda exclòs de l'estudi.
- **Frontofocòmetre:** mesura de la correcció habitual del subjecte si s'escau.
- **Agudes visual de lluny (VL):** presa d'agudes visual monocular i binocular amb un optotip de peu d'escala logarítmica logMAR a una distància de 6 metres.
- **Agudes visual de prop (VP):** presa de l'agudes visual monocular i binocular amb una carta d'agudes visual d'escala logarítmica logMAR a una distància de 40 centímetres.
- **Cover Test** en visió de lluny per determinar les fories/tropies.
- **Thorington** en visió de prop per determinar les fories/tropies.
- **Punt pròxim de convergència** amb optotip objecte.
- **Punt pròxim d'acomodació** amb la mateixa carta d'agudes visual mitjançant el mètode d'acostament (només als subjectes del grup A).

Una vegada el subjecte ha passat les proves d'inclusió i exclusió de l'estudi i ha firmat el consentiment informat, es passa a fer la prova d'agudes visual en lectura.

Es col·loca l'Ipad a una distància de 50 centímetres i es posa la presentació Power Point. El subjecte és instruït a llegir cada frase en veu alta i, un cop s'equivoca, se li torna a presentar una altra frase de la mateixa mida. Si aquesta vegada ha llegit la frase sense cometre cap error, se li presenta una altra frase de mida inferior o agudesa visual superior. Es segueix el mateix procediment fins que el pacient ja no és capaç de llegir la frase a la distància establerta i el valor d'agudesa visual en lectura ve determinat per l'última frase que el subjecte ha sigut capaç de llegir sense cometre errors.

La prova d'agudesa visual en lectura es va fer abans que la de velocitat lectora, per evitar procediments d'aprenentatge de les frases. Si el subjecte havia llegit prèviament les frases en la prova de velocitat lectora, encara que no pogués distingir les paraules, per l'efecte de la memòria, podia intuir-les o endevinar-les, i el valor real de l'agudesa visual en lectura es podia veure afectat.

Un cop finalitzada aquesta primera prova, es passa a fer la mesura de la velocitat lectora. Amb l'Ipad situat a la mateixa distància de presentació (50 centímetres), el pacient era instruït, com s'ha comentat abans, a llegir les frases en veu alta, el més ràpid possible i sense cometre errors.

Uns segons abans de començar la prova l'examinador posa en marxa el programa Audacity per enregistrar la lectura de les 70 frases sense interrupcions i, al mateix temps, comptabilitza els errors que el subjecte feia durant la lectura de les frases (*Veure Annex 3*).

#### 5.4.2. Segona sessió

Per tal d'estudiar la repetibilitat del test d'agudesa visual en lectura i velocitat lectora es van tornar a citar de manera aleatòria a 5 subjectes del grup A i a 5 subjectes del Grup B, és a dir, un total de 10 subjectes per a repetir les proves.

Tots els resultats van ser anotats a una base de dades Excel per tal d'organitzar-los i per a poder fer el posterior anàlisi estadístic i extreure'n els resultats.

### 5.5. INSTRUMENTACIÓ

Prèviament a la realització de les proves clíniques, es van tenir en compte el control de les distàncies a les que presentaríem el test, la mida de la lletra o el format dels tests per la mesura de l'agudesa visual en lectura i velocitat lectora. També es va tenir en compte que les condicions de la sala on es realitzarien les proves estigués en condicions òptimes d'il·luminació i el més confortable possible pels participants de l'estudi.

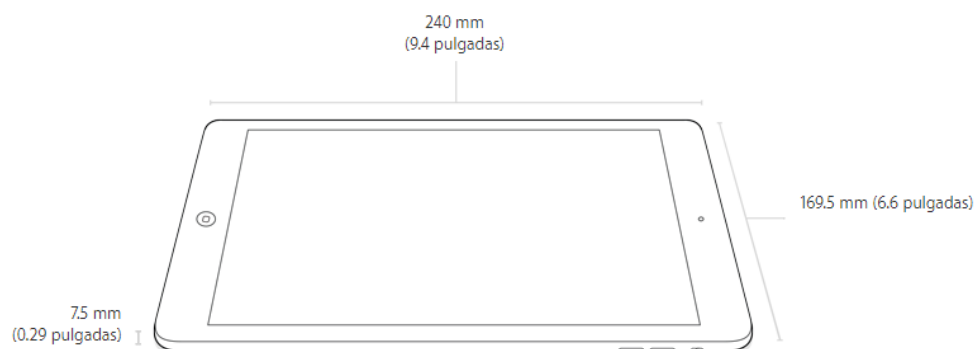
En aquest apartat s'explicarà cada un dels diferents instruments utilitzats, tant per la selecció de la mostra com per la mesura de l'agudesa visual en lectura i velocitat lectora.

Els diferents instruments que vam utilitzar per a fer la selecció de la mostra de l'estudi van ser els següents:



- Per mesurar l'agudesa visual en visió llunyana i propera:
  - Optotip de peu per visió llunyana amb escala logMAR i dissenyat per ser vist a una distància de 6 metres.
  - Carta d'agudesa visual per visió propera també amb escala logMAR i dissenyat per ser vist a una distància de 40 centímetres.
- Per mesurar les fories/tropies en visió llunyana i propera:
  - Cover test amb barra de prismes i ocluser Maddox.
  - Thorington i ocluser Maddox.
- Per mesurar el punt pròxim de convergència (PPC):
  - Optotip objecte (punta d'un bolígraf) i regla de mesura.
- Per mesurar el punt pròxim d'acomodació (PPA):
  - Carta d'agudesa visual per visió propera i regla de mesura.

Per a la posterior mesura de l'agudesa visual en lectura i velocitat lectora vam utilitzar l'Ipad Air (Apple Inc). Aquest dispositiu presenta una alçada de 240mm (9.4 polzades), una amplada de 169.5mm (6.6 polzades) i un gruix de 7.5mm (0.29 polzades). A la *Figura 5.1* podeu veure una representació de la distribució de mides del dispositiu.



**Figura 5.1. Distribució de mides de l'Ipad Air (Apple)**

La pantalla d'aquest Ipad és una pantalla amb tecnologia retina i es caracteritza per un sistema Multi-Touch retroil·luminat per LED de 9.7 polzades (diagonal) amb tecnologia IPS, una resolució de 2048 x 1536 a 264 píxels per polzada (ppi) i un revestiment oleofòbic resistent a marques dactilars. La tecnologia retina ofereix una resolució superior i una alta saturació del color. D'aquesta manera, les imatges que

dona aquesta pantalla són molt més nítides i resulta més agradable llegir un text, veure una imatge o gaudir d'una pel·lícula o joc.

## 5.6. DISSENY DEL TEST D'AV EN LECTURA I VELOCITAT LECTORA

Es van desenvolupar 70 frases de  $60 \pm 2$  caràcters per frase (amb espais entre paraules inclosos). Cada frase esta composta per  $10 \pm 1$  paraules. Totes les frases són en català i, el vocabulari que es va utilitzar, esta dins de les 1.000 paraules més utilitzades en llengua catalana. A més a més, hem comptat amb la col·laboració d'una filòloga especialitzada en llengua catalana amb l'objectiu d'adequar el lèxic i la gramàtica de les frases a un nivell de tercer de primària. D'aquesta manera, ens vam assegurar de que les frases fossin llegides de manera còmoda per a tots els subjectes.

Tant pel test d'agudes visual de lectura com pel de velocitat lectora es va utilitzar la font "sans-serif Helvetica" en negreta. Aquesta tipografia no només és una de les "sans-serif" fonts més comuna si no que, a més a més, és una font similar a l'Arial, té una majúscula més petita (alçada) que altres fonts i, per tant, les lletres majúscules i minúscules són més similars pel que fa a la seva mida i això afavoreix a la velocitat lectora (Renfeng & Bradley, 2015).

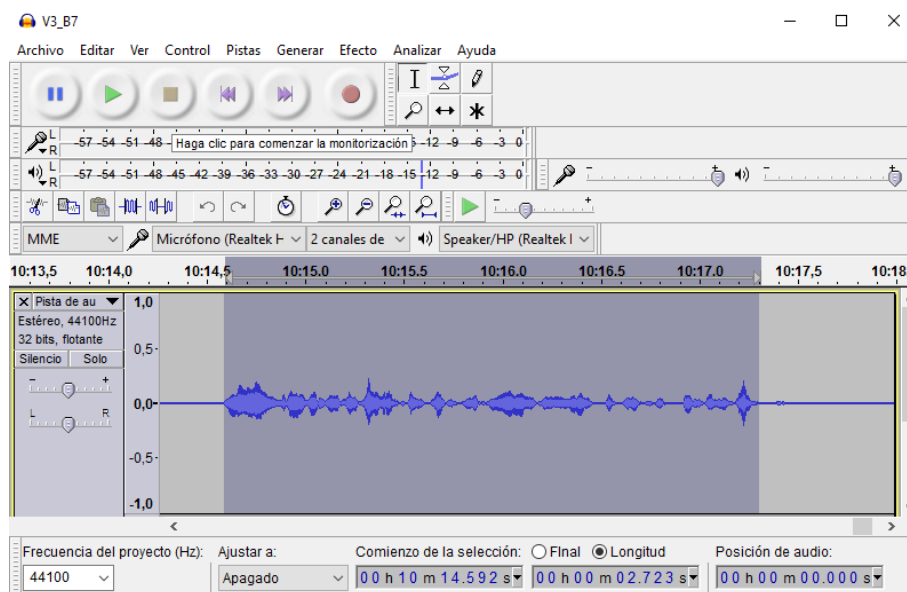
La mida de la lletra ve donada per la resolució de la pantalla de l'Ipad, és a dir, per la quantitat de píxels per mil·límetre que presenta en tota la seva superfície. Per una demanda d'agudes visual compresa entre 0.5 i -0.3 logMAR a 50 cm, la mida de la lletra es correspon a (Taula 5.1):

AV logMAR	Mida de la lletra (punts)
0.5	23.5
0.4	18.7
0.3	14.9
0.2	11.8
0.1	9.4
0	7.4
-0.1	5.9
-0.2	4.7
-0.3	3.7

Taula 5.1. Mida de la lletra del test d'AV en lectura i velocitat lectora

Ambdós tests van ser presentats mitjançant presentacions PowerPoint (Microsoft) amb un contrast elevat entre la lletra negra i el fons blanc. Tots els subjectes van ser avaluats mitjançant un únic dispositiu electrònic, l'Ipad Air i, a l'hora d'enregistrar la velocitat lectora de cada subjecte, vam utilitzar el programa digital de gravació d'àudio Audacity.Ink, mantenint el soroll ambiental de la sala al mínim i amb un bon nivell d'il·luminació.

Tal i com podeu veure a la *Figura 5.2*, el temps emprat de lectura per a cada frase va ser quantificat per un cursor del software del programa Audacity.



**Figura 5.2. Seqüència de veu de la lectura d'una frase mesurada amb segons**

Inicialment vam comparar quins efectes tenia el fet de mesurar la velocitat lectora mitjançant un cronòmetre o amb el programa Audacity. Tal i com era d'esperar, la mesura amb el cronòmetre depèn de que l'examinador respongui a temps real a l'inici i al final de la lectura de cada frase i, d'aquesta manera, s'altera la mesura i el valor real de la velocitat lectora, degut al temps de latència.

En canvi, amb el programa digital Audacity, es podia enregistrar la veu del subjecte des de l'inici fins al final de la lectura de les 70 frases, fent possible que l'examinador es centrés en comptabilitzar els errors comesos durant la lectura d'aquestes (*Veure Annex 3*).

El temps de mesura s'inicia pocs segons abans de l'inici de la lectura i es finalitza una vegada el subjecte ha llegit les 70 frases. Posteriorment, gràcies a la gravació visual de l'àudio podem mesurar el temps exacte de lectura de cada frase (*Figura 5.2*) amb una resolució de <0.005 segons.

### 5.6.1. Agudesa visual en lectura

Tal i com s'ha comentat abans, la resolució d'una pantalla ve donada per la quantitat de píxels per mil·límetre que aquesta presenta. Un ordinador estàndard, com ara un Apple MacbookPro, presenta una resolució de 9 píxels per mil·límetre ([https://en.wikipedia.org/wiki/Retina\\_Display](https://en.wikipedia.org/wiki/Retina_Display)), en canvi, una impressora d'alta resolució, presenta 100 punts per mil·límetre ([https://en.wikipedia.org/wiki/Dots\\_per\\_inch](https://en.wikipedia.org/wiki/Dots_per_inch)).

Per aquest motiu, la mida de lletra més petita que es pot presentar en una pantalla estàndard és considerablement més gran que la d'una carta impresa amb una impressora d'alta resolució. Per tant,

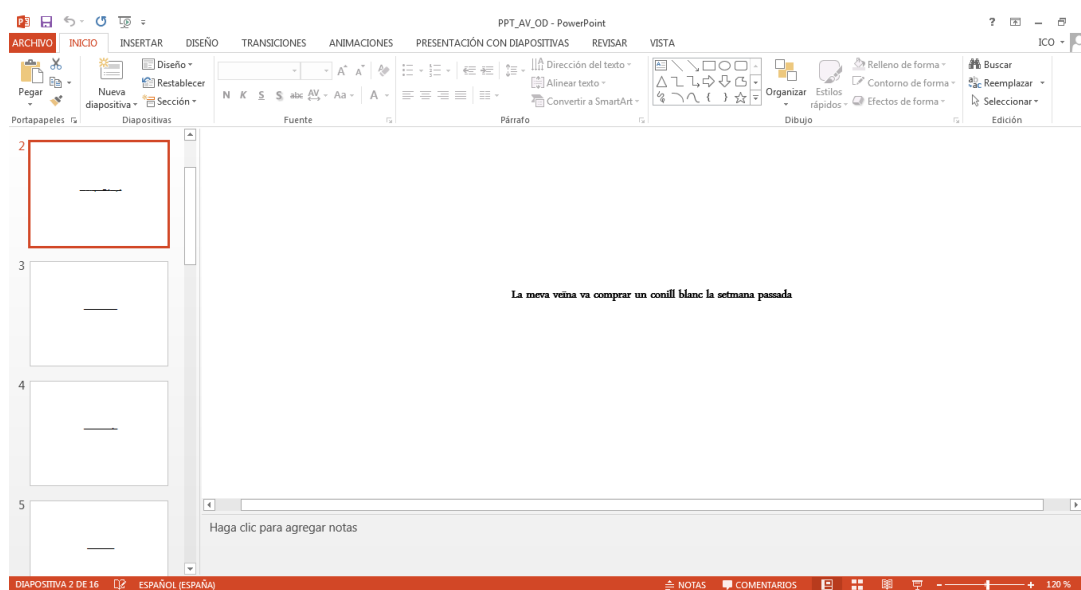
per presentar lletres de mida angular molt petita (per exemple de  $-0.3$  logMAR) serà necessari presentar-les a distàncies superiors (més de 40 o 50 cm), si el que s'utilitza és una pantalla d'ordinador estàndard.

En el nostre cas, gràcies a la tecnologia retina de la pantalla de l'ipad Air que hem utilitzat a l'hora de realitzar les mesures, on la resolució és de 2048 x 1536 a 264 píxels per polzada (ppi) (Apple Inc), no ens ha sigut necessari el fet d'haver d'utilitzar distàncies de presentació superiors, ja que, degut a l'alta resolució d'aquesta pantalla, és possible utilitzar una mida angular de lletra molt petita de fins a  $-0.3$  logMAR. Per cada una de les agudeses visuals que volíem avaluar, hem calculat la mida de la lletra basant-nos en la resolució d'aquesta pantalla. El valor de la mida angular de la lletra (en punts) que hem utilitzat en escala logarítmica és el següent (*Taula 5.1*): 23.5, 18.7, 14.9, 11.8, 9.4, 7.4, 5.9, 4.7 i 3.7 punts, per valors d'agudesa visual compresos entre 0.5 i  $-0.3$  logMAR respectivament, amb una distància de presentació a 50 centímetres.

Exactament igual que amb l'optotip de velocitat lectora, vam utilitzar la tipografia "sans-serif" Helvetica en negreta.

Les frases es van presentar mitjançant una presentació Power Point (Microsoft) de manera individual i amb dos frases per cada rang d'agudesa visual (*Figura 5.3*). En aquest segon experiment, el temps de lectura requerit per a cada frase, depèn directament de la mida angular de la lletra. Si el subjecte que realitzava la prova s'equivocava al llegir la frase, se li presentava una altre frase diferent però de la mateixa mida, és a dir, de la mateixa agudesa visual. Si aquest segon cop el subjecte llegia bé la frase, passàvem a una frase d'agudesa visual superior (de mida més petita) o, en el cas contrari, si es tornava a equivocar, el valor de l'agudesa visual venia donat per l'última frase que aquest havia llegit correctament.

En aquesta prova vam crear 3 versions de Power Point amb frases diferents, una per mesurar l'agudesa visual de l'ull dret, una altre per l'ull esquerre i finalment una per mesurar l'agudesa visual binocular, per evitar que les frases fossin les mateixes.

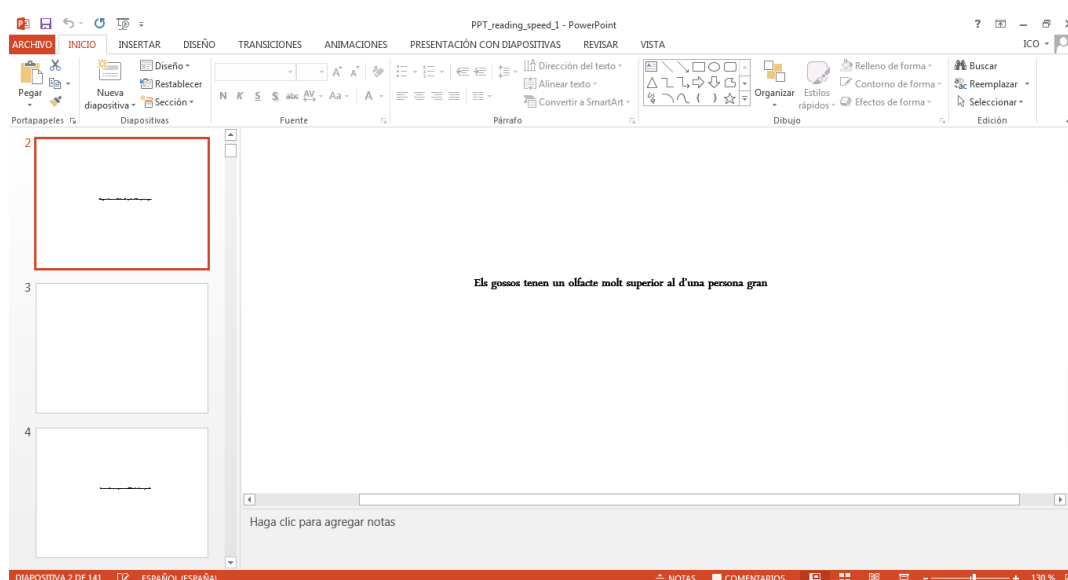


**Figura 5.3.** Exemple d'una frase de l'optotip d'agudesa visual en lectura

## 5.6.2. Velocitat lectora

Pel disseny de l'optotip de velocitat lectora, vam utilitzar la tipografia “sans-serif” Helvetica en negreta. Tal i com s'ha comentat abans (*Taula 5*), la mida de la lletra ve donada per la resolució de la pantalla de l'ipad i per la demanda d'agudesa visual. En el nostre cas, per una demanda d'agudesa visual de 0.5 logMAR a 50 cm, la mida de la lletra es correspon a 23.5 punts. Aquesta mida angular de la lletra, es correspon amb la font més petita utilitzada per la majoria de diaris Americans i també pels smart phones (Renfeng & Bradley, 2015).

Les 70 frases van ser presentades de manera individual amb una presentació Power Point (Microsoft). La durada de la diapositiva on es troba la frase és de sis segons i, entre frase i frase, hi ha una diapositiva en blanc que dura dos segons (*Figura 5.4*). Amb les 70 frases, es van crear 4 versions de Power Point, de manera que, l'ordre de presentació de les frases era aleatori per a cada subjecte.



**Figura 5.4. Exemple d'una frase de l'optotip de velocitat lectora**

Els subjectes van ser instruïts de tal manera que, tant aviat com aparegués la frase a la pantalla, l'havien de llegir en veu alta, el més ràpid possible i intentant no cometre errors significatius. Els hi era permès pausar la prova entre frases si era necessari. Durant la lectura de les 70 frases, l'examinador havia d'escoltar al subjecte i marcar, en cada frase, els errors que aquest havia comès (*Veure Annex 3*).

La velocitat lectora en paraules per minut, en anglès “words per minute” (wpm), pot ser calculada mitjançant la següent equació (*Equació 5.1*) (Renfeng & Bradley, 2015):

$$wpm = 60 * \frac{(10 - errors)}{duració (s)}$$

**Equació 5.1. Càlcul de la velocitat lectora en wpm**

Aquesta equació té en compte el nombre de caràcters i de paraules de cada frase, els errors comesos i el temps de lectura de cada una de les frases. Els errors representen el total de paraules no llegides o llegides incorrectament de cada frase. Per aquest càlcul, hem fet servir la mitjana de caràcters i lletres de totes les frases, és a dir, 60 caràcters i 10 paraules per frase. Si el subjecte s'equivoca més de 10 vegades en una mateixa frase, el valor de la velocitat lectora es comptabilitza com a zero.

## 6. RESULTATS

En aquest apartat es presentaran els resultats obtinguts de l'estudi, seguint la metodologia descrita anteriorment. Primer de tot, es farà una descripció de la mostra de subjectes que van participar a l'estudi, seguit d'una descripció de les diferents variables estudiades (AV en lectura i velocitat lectora) i un anàlisi inferencial dels valors obtinguts. Pel processament i tracte de dades s'ha utilitzat el programa Excel (Microsoft) i per l'anàlisi estadístic dels resultats, el programa SPSS versió 24.

### 6.1. ANÀLISIS DESCRIPTIU

#### 6.1.1. Descripció de la mostra

La mostra de pacients que s'ha analitzat en aquest estudi és de 20 subjectes de dos grups d'edats diferents. El grup A (Joves) amb edats compreses entre 20 i 30 anys i el grup B (Adults) amb edats compreses entre 50 i 65 anys.

Tots els subjectes seleccionats de la mostra complien els criteris d'inclusió i exclusió, descrits a l'apartat de metodologia.

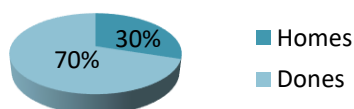
A la taula següent (Taula 6.1) es mostra la mitjana d'edat, la desviació estàndard i els valors màxims i mínims dels subjectes avaluats:

	Mitjana (anys)	Desviació estàndard (anys)	Màxim (anys)	Mínim (anys)
Joves	22	5.66	30	21
Adults	52	0.71	62	50

Taula 6.1. Descriptiva de la mitjana d'edats de la mostra

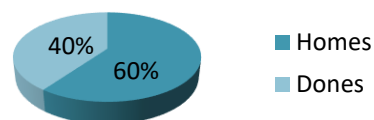
Als gràfics següents (*Gràfic 6.1 i Gràfic 6.2*) es mostra una distribució del sexe dels subjectes del grup A (Joves) i del grup B (Adults), respectivament.

## SEXE JOVES



Gràfic 6.1. Descriptiu de la distribució de sexes de Joves

## SEXE ADULTS



Gràfic 6.2. Descriptiu de la distribució d'Adults

A la taula següent (*Taula 6.2*) es mostra la mitjana, desviació estàndard, màxim i mínim de l'equivalent esfèric (EE) de l'error refractiu de l'ull dret, l'ull esquerre i de l'addició dels subjectes prèsbites.

		Mitjana (EE)		Desviació estàndard (EE)		Màxim (EE)		Mínim (EE)	
Joves	VLL	UD	UE	UD	UE	UD	UE	UD	UE
		-1.19	-1.38	1.77	2.56	0	0	-6.25	-7.25
Adults	VLL	0	0	2.56	2.03	3.13	3	-3.13	-2.88
	ADDICIÓ	1.5		0.35		2.5		0	

Taula 6.2. Descriptiva de l'error refractiu de la mostra

### 6.1.2. Descripció de les variables

En aquest apartat es mostra una taula/gràfic resum sobre els paràmetres descriptius més rellevants per a cada variable com són la mitjana i la desviació estàndard que s'ha obtingut de cada una.

La mitjana és el valor característic d'una sèrie de dades quantitatives. S'obté a partir de la suma de tots els valors dividit entre el número de sumands.

La desviació estàndard és la mesura de dispersió que indica quant es poden allunyar els valors respecte el valor mig.



## - AGUDESA VISUAL:

A la taula següent (*Taula 6.3*), es mostren els valors de la mitjana i desviació estàndard de la mesura de l'agudesia visual tradicional amb un optotip logMAR en visió propera a una distància d'observació de 40 cm.

MESURA DE L'AV EN VISIÓ PROPERA AMB OPTOTIP TRADICIONAL logMAR						
	Joves			Adults		
	UD	UE	BINOCULAR	UD	UE	BINOCULAR
MITJANA	0	-0.05	-0.1	0	0	-0.05
DESVIACIÓ ESTÀNDARD	0.07	0.05	0.06	0.05	0.07	0.08

Taula 6.3. Adults i Joves. Valors obtinguts en la mesura de l'agudesia visual amb optotip tradicional logMAR

A les taules següents (*Taula 6.4* i *Taula 6.5*), es mostren els valors de la mitjana i la desviació estàndard dels valors obtinguts en la mesura de l'agudesia visual en lectura del grup A (Joves) i B (Adults), de la sessió 1 i la sessió 2 respectivament.

MESURA DE L'AV EN LECTURA EN VISIÓ PROPERA						
SESSIÓ 1						
	Joves			Adults		
	UD	UE	BINOCULAR	UD	UE	BINOCULAR
MITJANA	-0.05	-0.05	-0.1	0	0	-0.1
DESVIACIÓ ESTÀNDARD	0.07	0.07	0.08	0.09	0.04	0

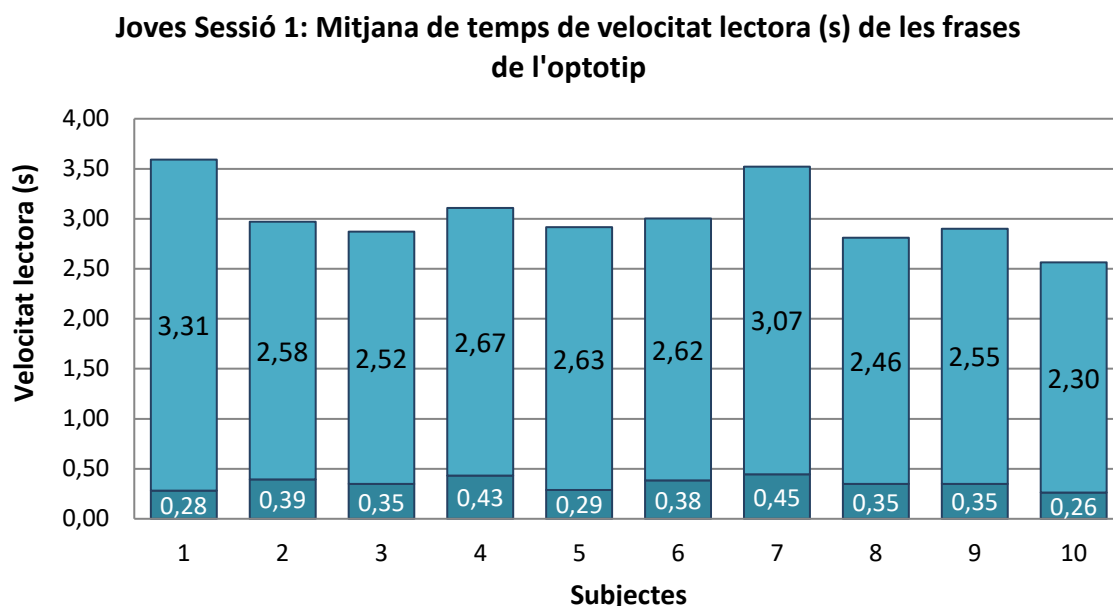
Taula 6.4. Joves i Adults Sessió 1. Valors obtinguts en la mesura de l'agudesia visual en lectura

MESURA DE L'AV EN LECTURA EN VISIÓ PROPERA						
SESSIÓ 2						
	Joves			Adults		
	UD	UE	BINOCULAR	UD	UE	BINOCULAR
MITJANA	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1
DESVIACIÓ ESTÀNDARD	0.07	0.07	0.08	0.08	0.1	0.07

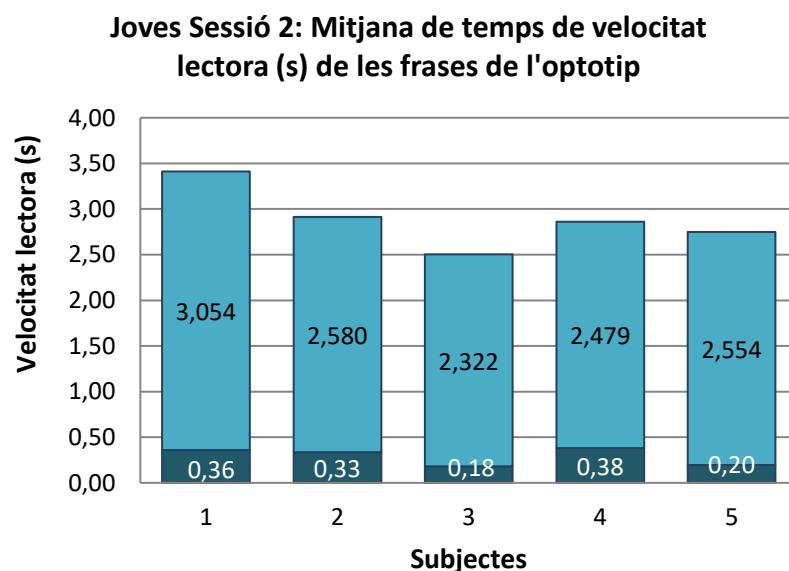
Taula 6.5. Joves i Adults Sessió 2. Valors obtinguts de la mesura de l'agudesia visual en lectura

## - VELOCITAT LECTORA:

Als gràfics següents (*Gràfic 6.3 i Gràfic 6.4*) es mostren els valors de la mitjana i la desviació estàndard dels valors obtinguts en la mesura de la velocitat lectora (segons) del grup A (Joves) de la sessió 1 i 2 respectivament.



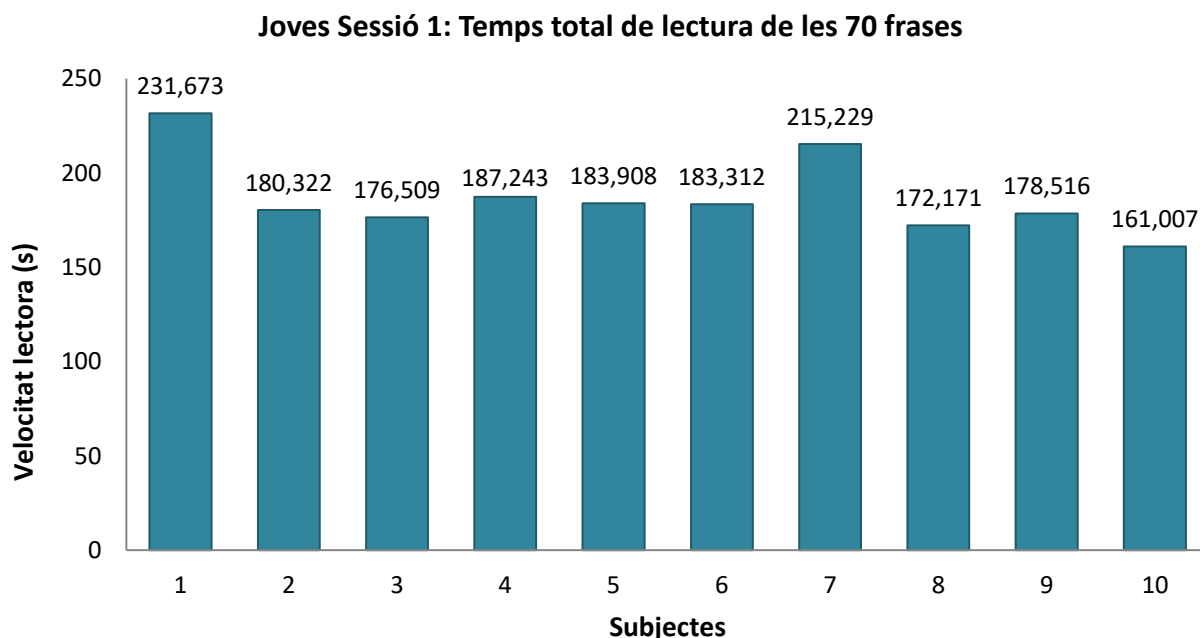
Gràfic 6.3. Joves Sessió 1. Mitjana de temps de velocitat lectora de les frases de l'optotip



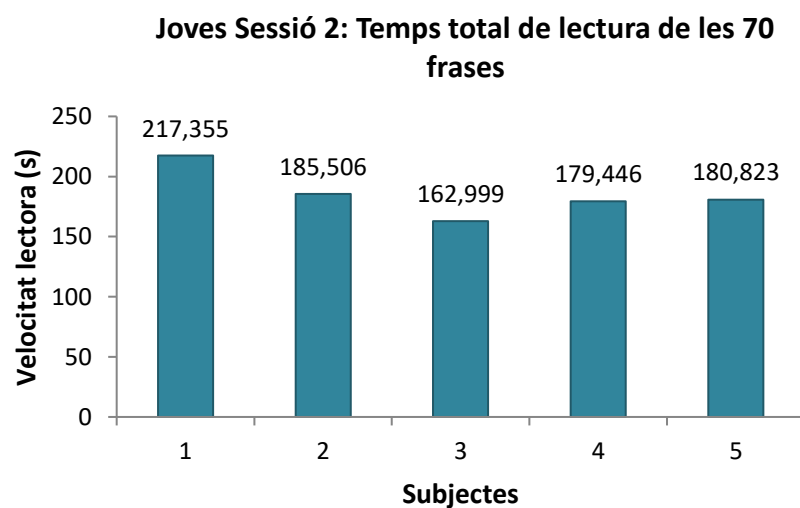
Gràfic 6.4. Joves Sessió 2. Mitjana de temps de velocitat lectora de les frases de l'optotip

La mitjana de velocitat i desviació estàndard del temps de lectura de les frases de l'optotip pel grup A (Joves), és de  $2.60 \pm 0.35$  segons en la sessió 1 i de  $2.55 \pm 0.33$  segons en la sessió 2.

Al gràfic següent (*Gràfic 6.5 i Gràfic 6.6*) es mostra el temps total de lectura (segons) de les 70 frases pel grup A (Joves) de la sessió 1 i 2 respectivament.



Gràfic 6.5. Joves Sessió1. Temps total de lectura de les 70 frases

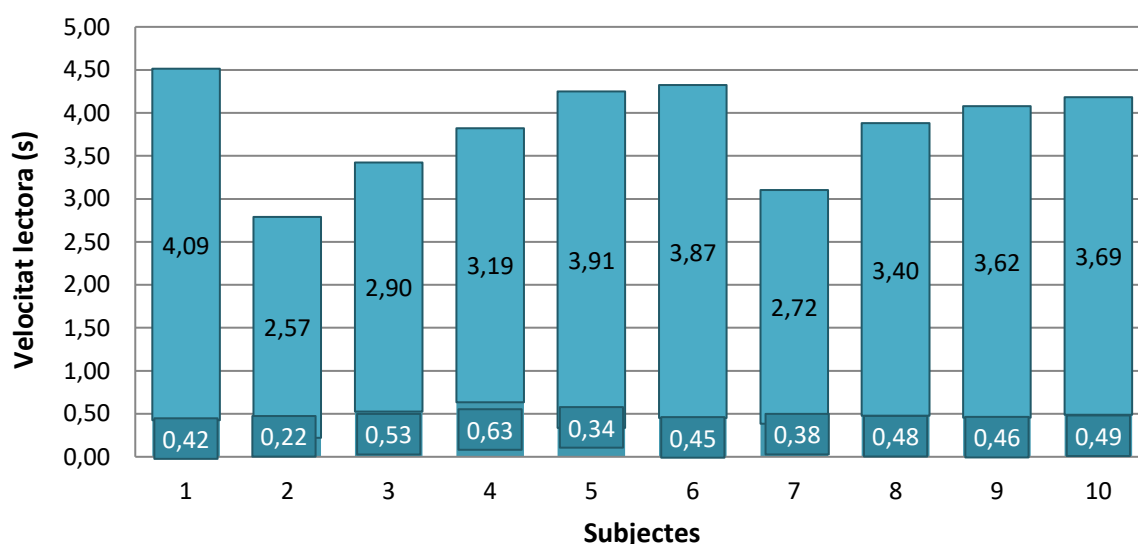


Gràfic 6.6. Joves Sessió 2. Temps total de lectura de les 70 frases

La mitjana i desviació estàndard del temps total de lectura de les 70 frases pel grup A (Joves), és de  $181.82 \pm 19.91$  segons en la sessió 1 i de  $180.82 \pm 19.87$  segons en la sessió 2.

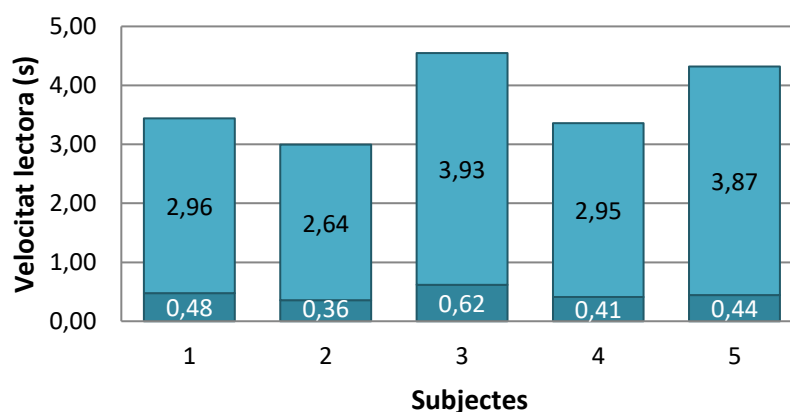
Als gràfics següents (*Gràfic 6.7 i Gràfic 6.8*) es mostren els valors de la mitjana i la desviació estàndard dels valors obtinguts en la mesura de la velocitat lectora (segons) de les frases de l'optotip del grup B (Adults) de la sessió 1 i 2 respectivament.

**Adults Sessió 1: Mitjana de temps de velocitat lectora (s) de les frases de l'optotip**



Gràfic 6.7. Adults Sessió 1. Mitjana de temps de velocitat lectora de les frases de l'optotip

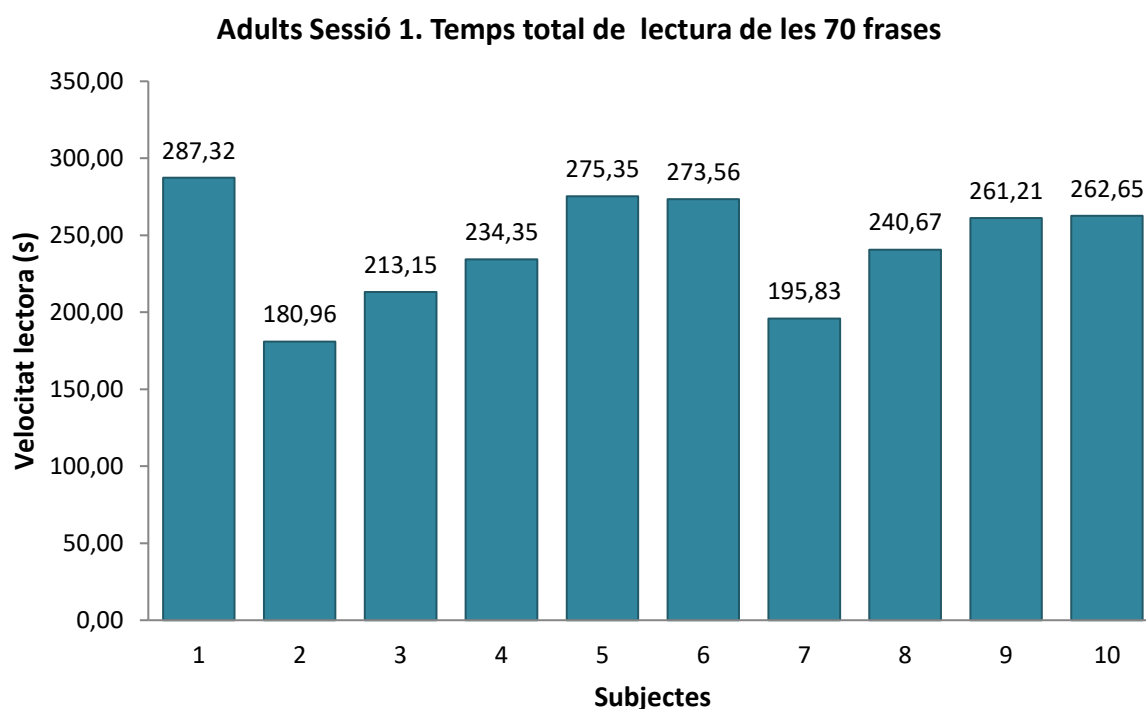
**Adults Sessió 2: Mitjana de temps de velocitat lectora (s) de les frases de l'optotip**



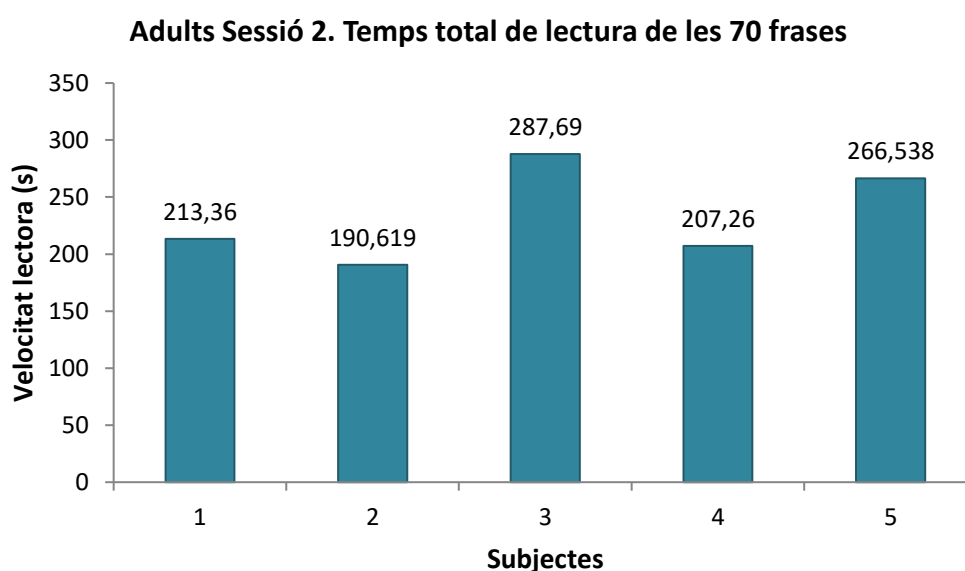
Gràfic 6.8. Adults Sessió 2. Mitjana de temps de velocitat lectora de les frases de l'optotip

La mitjana de velocitat i desviació estàndard del temps de lectura de les frases de l'optotip pel grup B (Adults), és de  $3.51 \pm 0.45$  segons en la sessió 1 i de  $2.96 \pm 0.44$  segons en la sessió 2.

Als gràfics següents (*Gràfic 6.9 i Gràfic 6.10*) es mostra el temps total de lectura (segons) de les 70 frases pel grup B (Adults) de la sessió 1 i 2 respectivament:



Gràfic 6.9. Adults Sessió 1. Temps total de lectura de les 70 frases



Gràfic 6.10. Adults Sessió 2: Temps total de lectura de les 70 frases

La mitjana i desviació estàndard del temps total de lectura de les 70 frases pel grup B (Adults), és de  $250.94 \pm 36.06$  segons en la sessió 1 i de  $213.36 \pm 41.71$  segons en la sessió 2.

A les taules que es presentaran a continuació (*Taula 6.6* i *Taula 6.7*), es mostren els valors de la mitjana i desviació estàndard del temps de velocitat lectora (segons) de cada frase per tots els subjectes del grup A (Joves) i tots els del grup B (Adults) de la sessió 1 i 2 respectivament.

SESSIÓ 1		
	Joves	Adults
MITJANA	2.59	3.49
DESVIACIÓ ESTÀNDARD	0.19	0.28

Taula 6.6. Joves i Adults Sessió 1. Mitjana i desviació estàndard del temps de velocitat lectora de cada frase

SESSIÓ 2		
	Joves	Adults
MITJANA	2.55	3.23
DESVIACIÓ ESTÀNDARD	0.15	0.35

Taula 6.7. Joves i Adults Sessió 2. Mitjana i desviació estàndard del temps de velocitat lectora de cada frase

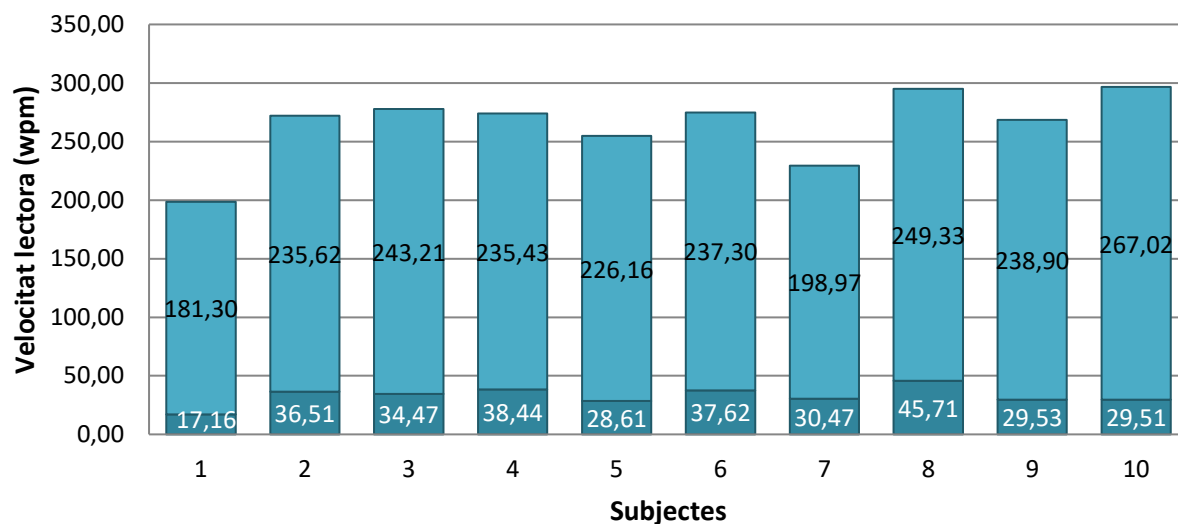
Els subjectes Joves a la sessió 1, llegeixen les frases amb una velocitat mitja de  $2.59 \pm 0.19$  segons i a la sessió 2 de  $2.55 \pm 0.15$  segons. Per altra banda, els subjectes Adults a la sessió 1, llegeixen les frases amb una velocitat mitja de  $3.49 \pm 0.11$  segons i a la sessió 2 de  $3.23 \pm 0.23$  segons.

#### - WORDS PER MINUTE (WPM):

Als gràfics següents (*Gràfic 6.11* i *Gràfic 6.12*), es mostren els valors de la mitjana i la desviació estàndard dels valors obtinguts en la mesura de la velocitat lectora en “words per minute” (wpm) del grup A (Joves) i del grup B (Adults) a la sessió 1 i 2 respectivament.

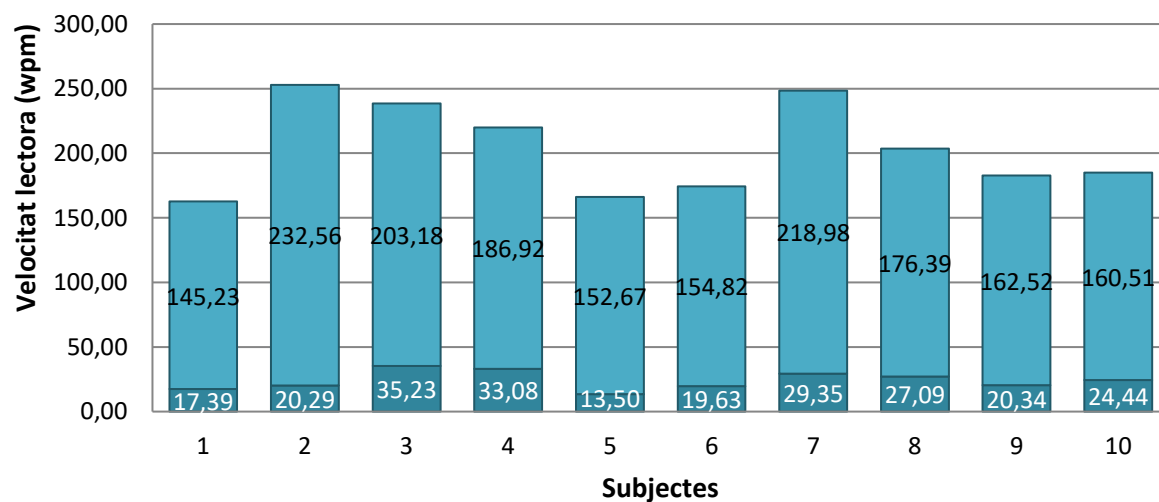
El valor en wpm ve donat per l'*Equació 5.1*. Com ja s'ha descrit anteriorment, aquesta equació té en compte els errors i la velocitat en segons de la lectura de les frases.

### Joves Sessió 1. Mitjana de la velocitat lectora en wpm de les frases de l'optotip



Gràfic 6.11. Joves Sessió 1. Mitjana de velocitat lectora en wpm

### Adults Sessió 1: Mitjana de velocitat lectora en wpm de les frases de l'optotip



Gràfic 6.12. Adults Sessió 1. Mitjana de velocitat lectora en wpm

La mitjana de velocitat lectora en wpm de les frases de l'optotip pels subjectes del grup A (Joves) és de  $236.46 \pm 32.47$  a la sessió 1 i pels subjectes del grup B (Adults) és de  $196.46 \pm 22.39$ .



A les taules que es presentaran a continuació (*Taula 6.8 i Taula 6.9*), es mostren els valors de la mitjana i desviació estàndard del temps de velocitat lectora en wpm de cada frase per tots els subjectes del grup A (Joves) i tots els del grup B (Adults) de la sessió 1 i 2 respectivament.

	SESSIÓ 1	
	Joves	Adults
MITJANA	231.10	172
DESVIACIÓ ESTÀNDARD	19.29	14.24

Taula 6.8. Joves i Adults Sessió 1. Mitjana i desviació estàndard del temps de velocitat lectora en wpm de les frases de l'optotip

	SESSIÓ 2	
	Joves	Adults
MITJANA	233.83	185.24
DESVIACIÓ ESTÀNDARD	17.43	24.55

Taula 6.9: Joves i Adults Sessió 1. Mitjana i desviació estàndard del temps de velocitat lectora en wpm de les frases de l'optotip

## 6.2. ANÀLISIS INFERENCIAL

### - AGUDESA VISUAL:

Per estudiar la mesura de l'agudesia visual tradicional en visió propera i la mesura de l'agudesia visual en lectura mitjançant el nou disseny d'optotip s'ha realitzat un anàlisi de la correlació dels resultats.

A la taula següent (*Taula 6.10*), es mostra la correlació dels resultats obtinguts entre la mesura de l'agudesia visual tradicional en visió propera i la mesura de l'agudesia visual en lectura mitjançant el nou disseny d'optotip pel grup A (Joves) a la Sessió 1:

	JOVES – Sessió 1	
	Correlació (r)	Significança estadística (p)
AV T UD – AV en lectura UD	0.36	p>0.01
AV T UE – AV en lectura UE	0.9	p<0.01
AV T BINO – AV en lectura BINO	0	p>0.01

Taula 6.10. Joves – Sessió 1. Correlació dels resultats obtinguts entre la mesura de l'AV tradicional i la mesura de l'AV en lectura mitjançant el nou disseny

A la taula següent (*Taula 6.11*), es mostra la correlació dels resultats obtinguts entre la mesura de l'agudesia visual tradicional en visió propera i la mesura de l'agudesia visual en lectura mitjançant el nou disseny d'optotip pel grup B (Adults) a la Sessió 1:

	ADULTS – Sessió 1	
	Correlació (r)	Significança estadística (p)
AV T UD – AV en lectura UD	1	p<0.01
AV T UE – AV en lectura UE	0.94	p<0.01
AV T BINO – AV en lectura BINO	0.75	p<0.05

**Taula 6.11. Adults – Sessió 1. Correlació dels resultats obtinguts entre la mesura de l'AV tradicional i la mesura de l'AV en lectura mitjançant el nou disseny**

A la taula següent (*Taula 6.12*), es mostra la correlació dels resultats obtinguts entre la Sessió 1 i la Sessió 2 del grup A (Joves) en la mesura de l'agudesia visual en lectura:

	JOVES	
	Correlació (r)	Significança estadística (p)
AV S1 UD – AV S2 UD	0.25	p>0.01
AV S1 UE – AV S2 UE	-0.25	p>0.01
AV S1 BINO – AV S2 BINO	-	-

**Taula 6.12. Correlació dels resultats obtinguts entre la Sessió 1 i la Sessió 2 pel grup A (Joves) en la mesura de l'AV en lectura**

A la taula següent (*Taula 6.13*), es mostra la correlació dels resultats obtinguts entre la Sessió 1 i la Sessió 2 del grup B (Adults) en la mesura de l'agudesia visual en lectura:

	ADULTS	
	Correlació (r)	Significança estadística (p)
AV S1 UD – AV S2 UD	0.76	p>0.05
AV S1 UE – AV S2 UE	0.91	p<0.05
AV S1 BINO – AV S2 BINO	0.84	p>0.05

**Taula 6.13. Correlació dels resultats obtinguts entre la Sessió 1 i la Sessió 2 pel grup B (Adults) en la mesura de l'AV en lectura**

- WPM:

A la taula següent (*Taula 6.14*), es mostra l'estudi de la correlació dels resultats obtinguts en la mesura de la velocitat lectora (wpm), entre la Sessió 1 i la Sessió 2, tant pels subjectes del grup A (Joves) com pels subjectes del grup B (Adults):

	JOVES Sessió 1 – JOVES Sessió 2	ADULTS Sessió 1 – ADULTS Sessió 2
	Significança estadística (p)	Significança estadística (p)
Sessió 1	p=1.0	p=1.0

Taula 6.14. Correlació dels resultats obtinguts entre les mesures de la Sessió 1 i les de la Sessió 2 pels dos grups d'edat

A la taula següent (*Taula 6.15*), es mostra l'estudi de la correlació dels resultats obtinguts en la mesura de la velocitat lectora (wpm) entre el grup A (Joves) i el grup B (Adults) a la Sessió 1:

	JOVES – ADULTS
	Significança estadística (p)
Sessió 1	p=0.02

Taula 6.15. Correlació dels resultats obtinguts entre els Joves i els Adults a la Sessió 1

**FRASES DE L'OPTOTIP:**

Malgrat haver sigut revisades per una filòloga catalana, hi ha frases que presenten més dificultat que d'altres a l'hora de llegir-les i això s'ha reflectit en els resultats.

En ambdós grups s'ha considerat que les frases més difícils de llegir són aquelles que presenten un valor de mitjana de velocitat igual o superior a 1.96 vegades la seva desviació estàndard. A la taula següent (*Taula 6.16*), es mostra el valor llindar de velocitat que s'ha considerat significatiu pel que fa a la dificultat a l'hora de llegir les frases del grup A (Joves) i del grup B (Adults) de la sessió 1 i 2 respectivament.

	Joves (s)	Adults (s)
SESSIÓ 1	2.96	4.04
SESSIÓ 2	2.84	3.92

Taula 6.16. Valor llindar de velocitat pel que fa a la dificultat de lectura de les frases

A la taula que hi ha a continuació (*Taula 6.17*), es mostren quines són les frases que han resultat tenir una dificultat superior a l'hora de la lectura, prenent com a referència els valors llindars de velocitat descrits a la taula anterior (*Taula 6.16*).

Joves	Adults
SESSIÓ 1	SESSIÓ 1
<b>Frase 10</b> (amb una mitjana de velocitat de 3.01s) <i>"El meteoròleg ha dit que aquesta nit cauran fortes tempestes"</i>	<b>Frase 10</b> (amb una mitjana de velocitat de 4.46s) <i>"El meteoròleg ha dit que aquesta nit cauran fortes tempestes"</i>  <b>Frase 22</b> (amb una mitjana de velocitat de 4.08s) <i>"L'explorador va perdre la llanterna i va tornar a les fosques"</i>  <b>Frase 36</b> (amb una mitjana de velocitat de 4.15s) <i>"Els resultats dels exàmens parcials van ser tots molt positius"</i>
Joves	Adults
SESSIÓ 2	SESSIÓ 2
<b>Frase 10</b> (amb una mitjana de velocitat de 2.96s) <i>"El meteoròleg ha dit que aquesta nit cauran fortes tempestes"</i>  <b>Frase 43</b> (amb una mitjana de velocitat de 2.88s) <i>"Han prohibit circular amb el cotxe per disminuir la contaminació"</i>	<b>Frase 53</b> (amb una mitjana de velocitat de 3.95s) <i>"L'àvia va fer magdalenes de xocolata per la festa d'aniversari"</i>

Taula 6.17. Frases més difícils de l'optotip

Per altra banda, s'ha considerat que les frases que han resultat ser més fàcils de llegir són aquelles que presenten una mitjana de velocitat igual o inferior a 1.96 vegades la seva desviació estàndard. A la taula següent (*Taula 6.18*), es mostra el valor llindar de velocitat que s'ha considerat significatiu pel que fa a la facilitat a l'hora de llegir les frases del grup A (Joves) i del grup B (Adults) de la sessió 1 i 2 respectivament.

	Joves (s)	Adults (s)
SESSIÓ 1	2.22	2.94
SESSIÓ 2	2.26	3.92

Taula 6.18. Valor llindar de velocitat pel que fa a la facilitat de lectura de les frases

A la taula que hi ha a continuació (*Taula 6.19*), es mostren quines són les frases que han resultat ser més fàcils a l'hora de la lectura, prenent com a referència els valors llindars de velocitat descrits a la taula anterior (*Taula 7.18*).

Joves	Adults
SESSIÓ 1	SESSIÓ 1
<p><b>Frase 5</b> (amb una mitjana de velocitat de 1.14s) <i>"Tinc moltes ganes de posar-me el banyador i banyar-me al mar"</i></p> <p><b>Frase 12</b> (amb una mitjana de velocitat de 2.20s) <i>"Aquella colla d'amics es trobaven sempre al parc del poble"</i></p> <p><b>Frase 64</b> (amb una mitjana de velocitat de 2.08s) <i>"Viatjar en cotxe amb els meus germans és molt divertit"</i></p> <p><b>Frase 70</b> (amb una mitjana de velocitat de 2.19s) <i>"No hi ha paraules per descriure tot l'amor que sent l'home"</i></p>	<p><b>Frase 5</b> (amb una mitjana de velocitat de 2.92s) <i>"Tinc ganes de posar-me el banyador i banyar-me al mar"</i></p> <p><b>Frase 7</b> (amb una mitjana de velocitat de 2.85s) <i>"La pel·lícula d'estrena comença aquesta tarda a les quatre"</i></p>
Joves	Adults
SESSIÓ 2	SESSIÓ 2
<p><b>Frase 7</b> (amb una mitjana de velocitat de 2.26s) <i>"La pel·lícula d'estrena comença aquesta tarda a les quatre"</i></p> <p><b>Frase 17</b> (amb una mitjana de velocitat de 2.22s) <i>"El primer problema de l'examen de química va ser molt difícil"</i></p> <p><b>Frase 56</b> (amb una mitjana de velocitat de 2.22s) <i>"Els pobles de muntanya són tant petits que tothom es coneix"</i></p> <p><b>Frase 64</b> (amb una mitjana de velocitat 2.25s) <i>"Viatjar en cotxe amb els meus germans petits és molt divertit"</i></p>	<p><b>Frase 5</b> (amb una mitjana de velocitat de 2.51s) <i>"Tinc ganes de posar-me el banyador i banyar-me al mar"</i></p> <p><b>Frase 7</b> (amb una mitjana de velocitat de 2.85s) <i>"La pel·lícula d'estrena comença aquesta tarda a les quatre"</i></p> <p><b>Frase 64</b> (amb una mitjana de velocitat 2.54s) <i>"Viatjar en cotxe amb els meus germans petits és molt divertit"</i></p>

Taula 6.19. Frases més fàcils de l'optotip

## 7. DISCUSSIÓ

En aquest apartat es tracten els resultats de l'estudi, de tal manera que s'exposen els resultats trobats i es contrasten amb els resultats d'altres estudis relacionats.

### - AGUDESA VISUAL:

Tal i com es pot veure a la taula anterior (*Taula 6.4*), els subjectes Joves, en la sessió 1, presenten una mitjana d'agudes visual en lectura monocular de  $-0.05$  logMAR (equivalent a una  $AV_d$  de 1.12), un 0.05% superior a la que presenten els Adults, de 0 logMAR (equivalent a una  $AV_d$  de 1.0). Pel que fa al valor mig d'agudes visual en lectura binocular, en la sessió 1, és igual pels dos grups d'edat i té un valor de  $-0.1$  logMAR (equivalent a una  $AV_d$  de 1.26).

Per altra banda, en la sessió 2 (*Taula 6.5*) els subjectes Joves presenten una mitjana d'agudes visual en lectura monocular de  $-0.2$  logMAR (equivalent a una  $AV_d$  de 1.58), i els Adults de  $-0.1$  logMAR. És a dir, els subjectes Joves són capaços de resoldre una mida de lletra més petita, corresponent a un salt més elevat d'agudes visual. El valor de la mitjana d'agudes visual en lectura binocular dels subjectes Joves i Adults, en aquest cas, és el mateix que el d'agudes visual monocular,  $-0.2$  logMAR els Joves i  $-0.1$  logMAR els Adults.

Clínicament era d'esperar que, la mitjana de l'agudes visual en lectura tant monocular com binocular dels subjectes Joves fos lleugerament superior a la dels Adults. Encara que tots els subjectes prèsbites presentessin una agudes visual en visió propera de  $\leq 0.00$  logMAR, existia la possibilitat de que no portessin la millor correcció per aquesta distància o l'existència d'altres factors com el diàmetre pupil·lar o transparència dels mitjans intraoculars, que poden haver limitat la sensibilitat al contrast.

Segons un estudi que va publicar la "American Medical Association" (Holden, 2008), al 2005 hi havia 410 milions de persones que no anaven ben corregides en visió propera, dels quals 386 milions (94%) vivien en països poc desenvolupats. En els països més desenvolupats, com ara l'Amèrica del Nord, Japó, Austràlia i Nova Zelanda el valor del tant per cent de població mal corregida en visió propera era del 16% i a Europa només del 4%. Pel que fa als països menys desenvolupats, el tant per cent de població mal corregida en visió propera fa un salt considerable. A l'Amèrica del Sud i l'Amèrica Central el valor és d'un 61% i a l'Àfrica i l'Àsia (exceptuant Japó), el valor és d'un 70%.

Pel que fa a la correlació dels resultats obtinguts entre la mesura de l'agudes visual tradicional en visió propera i la mesura de l'agudes visual en lectura mitjançant el nou disseny d'optotip, en el grup A (Joves), no s'han trobat diferències clínicament significatives, però si que s'han trobat diferències estadísticament significatives, només en l'ull esquerre. És molt difícil justificar aquesta diferència, però podria ser pel fet de que la nostra mostra és limitada o per un efecte d'aprenentatge emmascarat, tot i que la mesura de l'agudes visual en lectura es va fer de manera aleatòria, és a dir, l'ull inicial va ser diferent en la Sessió 1 i en la Sessió 2 i les versions de Power Point també.

Per altra banda, en el grup B (Adults), tampoc s'han trobat diferències clínicament significatives, però si que s'han trobat diferències estadísticament significatives, tant en la mesura monocular com en la

binocular. Aquestes diferències, igual que en el grup A (Joves) són difícils de justificar però també podria ser pel fet de que la mostra calculada és limitada o per un efecte d'aprenentatge emmascarat.

#### - VELOCITAT LECTORA:

##### **WPM:**

Pel que fa a l'estudi de la correlació dels resultats obtinguts en la mesura de la velocitat lectora (wpm) entre la Sessió 1 i la Sessió 2, tant pels subjectes del grup A (Joves) com pels subjectes del grup B (Adults) (Taula 6.14), no s'han trobat diferències estadísticament significatives ni pel grup de Joves ni pel grup d'Adults entre les dues sessions, és a dir, la repetibilitat de les mesures és bona.

Per altra banda, en l'estudi de la correlació dels resultats obtinguts en la mesura de la velocitat lectora (wpm) entre els subjectes del grup A (Joves) i els del grup B (Adults) a la Sessió 1, si que s'han trobat diferències estadísticament significatives. Això es degut a que, en wpm, quan ja es tenen en compte els errors comesos durant la lectura de les frases, podem observar que els subjectes del grup A (Joves) presenten valors superiors de velocitat que els subjectes del grup B (Adults). Això vol dir que, els Joves llegeixen més ràpid però s'equivoquen més, al contrari dels Adults que, llegeixen més lentament però s'equivoquen menys.

Si comparem els valors obtinguts amb altres estudis, Alex R. Bowers (Bowers, 2000) va obtenir una freqüència de velocitat lectora de  $242 \pm 41$  wpm (sense cap mena de distinció entre les edats dels subjectes avaluats). En el nostre estudi, pel que fa a la freqüència de velocitat lectora dels subjectes del grup A (Joves), la mitjana total és de  $236.46 \pm 32.47$  wpm en la Sessió 1 i de  $233.55 \pm 23.55$  wpm. Per altra banda, la freqüència de velocitat lectora dels subjectes del grup B (Adults), la mitjana total és de  $196.46 \pm 22.39$  en la Sessió 1 i de  $202.26 \pm 28.12$  wpm en la Sessió 2.

Un altre estudi que es pot comparar amb els nostres resultats és el de la Renfeng Xu (Renfeng & Bradley, 2015), en el qual es va obtenir una freqüència de velocitat lectora de 3 subjectes diferents (sense cap mena de distinció entre les edats d'aquests) de  $231.1 \pm 28$  wpm,  $233.1 \pm 19.7$  wpm i  $253.6 \pm 16.3$  wpm respectivament.

Els resultats obtinguts en aquest estudi i comparats amb els descrits anteriorment són força similars. Això vol dir que, el test de velocitat lectora que hem dissenyat és acceptable per a la mesura clínica de la velocitat lectora en wpm.



## 8. CONCLUSIONS

### - AGUDEASA VISUAL:

- ✓ El test d'agudesia visual és clínicament acceptable per la mesura de l'agudesia visual en lectura ja que, no hi ha diferències clínicament significatives entre el sistema de mesura de l'agudesia visual tradicional en visió propera i el nou sistema de mesura.
- ✓ Per la validació de la repetibilitat de la mesura de l'agudesia visual en lectura és necessari una mostra poblacional superior a la d'aquest estudi.

### - VELOCITAT LECTORA:

- ✓ El test de velocitat lectora (wpm) és clínicament acceptable per valorar el temps de lectura ja que, no hi ha diferències clínicament significatives entre les obtingudes en el nostre estudi i les obtingudes en altres estudis similars.
- ✓ La validació clínica de la repetibilitat de la mesures de la velocitat lectora (wpm) és acceptable ja que, no s'han trobat diferències estadísticament significatives.
- ✓ La velocitat lectora entre els subjectes del grup A (Joves) i els subjectes del grup B (Adults) presenta diferències estadísticament significatives. Els subjectes Adults presenten una velocitat lectora, en wpm, inferior a la dels subjectes Joves però, són més eficients a l'hora de la lectura, és a dir, s'equivoquen menys que els subjectes Joves.

## 9. BIBLIOGRAFIA I ARTICLES

- Álvarez, L. & González, P. (1996). Dificultades en la adquisición del proceso lector. *Psicothema*, 573-586.
- Apel, J. K. (2012). Targeting regressions: Do readers pay attention to the left? *Psychon Bull Rev*, 1108-1113.
- Apple Inc. (s.f.). Apple (ES): Obtenido de <https://www.apple.com/la/ipad-air/specs/>
- Bailey, & Lovie. (2013). Visual acuity testing. From the laboratory to the clinic. *Elsevier Vision Research*, 2-9.
- Bailey, I. L., & Lovie, J. E. (1976). New design principles for visual acuity letter charts. *American Journal of Optometry & Physiological Optics*, 740-745.
- Bailey, I. L., & Lovie, J. E. (1980). The design and use of a new near-vision chart. *American journal of optometry and Physiological optics*, 378-387.
- Baloh, R. W., Sills, a. W., Kumley, W. E., & Honrubia, V. (1975). Quantitative measurement of saccade amplitude, duration, and velocity. *Neurology*, 65-70.
- Barry, L. C. (2014). Measuring visual acuity is not as simple as it seems. *Clinical and Experimental Optometry*, 1-2.
- Becker, W. (1989). *The neurobiology of saccadic eye movements. Metrics*. Reviews of Oculomotor Research, 13-67.
- Bowers, A. (2000). Eye movements and reading with plus-lens magnifiers. *Optometry and Vision Science*, 25-33.
- Carpenter, R. (1988). *Movements of the eyes, 2<sup>nd</sup> Rev*. Pion Limited Movements.of the eyes. London.
- Díaz, S., Gómez, A., Jiménez, C., & Martínez, P. (Junio de 2004). Bases optométricas para una lectura eficaz. *Fundación Visión COI*. Obtenido de:  
<https://www.fundacionvisioncoi.es/TRABAJOS%20INVESTIGACION%20COI/3/lectura%20eficaz.pdf>
- García-Castellón, M. (2012). Funcionalidad visual y eficacia en los procesos lectores. En M. C. Castellón. *Universidad Internacional de la Rioja*.
- Gary, S. R. (2013). Measuring reading performance. *Elsevier Vision Research*, 43-51.
- Gil del Río, E. (1984). *Óptica Fisiológica Clínica. Capítulo 7*, Barcelona. *Ediciones Toray S. A*, 225-247.
- Gila, L., Villanueva, A., & Cabeza, R. (2009). Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares. *An. Sist. Sanit. Navar*, 9-26.

- Gonzalez, A., Matute, E., Inozemtseva, O., Guajardo, S., & Rosselli, M. (2011). Influencia de la edad en medidas usuales relacionadas con tareas de lectura en escolares hispanohablantes. *Revista Neuropsicología, neuropsiquiatría y Neurociencias*, 51-65.
- Grimm W, R. B. (1991). Correlation of optotypes with the Landolt ring: a fresh look at the comparability of optotypes. *Optom Vision*, 6-13.
- Hall, J. E. (2011). Guyton & Hall: tratado de fisiología médica. En J. E. Hall, *Guyton & Hall: Tratado de fisiología médica*. Elsevier.
- Holden, B. A. (2008). Global Vision Impairment Due to Uncorrected Presbyopia. *American Medical Association*, 1731-1739.
- Huurneman, B., & Boonstra, N. J. (2016). Assessment of near visual acuity in 0–13 year olds with normal and low vision: a systematic review . *BMC Ophthalmology*, 1-15.
- Kaiser, P. (2009). Prospective evaluation of visual acuity assessment: A comparison of Snellen versus ETDRS charts in clinical practice . *Trans Am Ophthalmol Soc* , 311-324.
- Legge, G. E., Ahn, S., Klitz, T., & Luebker, A. (1997). Psychophysics of reading-XVI. The visual span in normal and low vision. *Elsevier Science Ltd*, 1999-2010.
- Leigh, R. (2011). The anatomy and physiology of the ocular motor system. *Handb Clin Neurol*, 102, 21-69.
- Mansfield, J., Ahn, S., Legge, G., & Luebker, A. (1993). A new reading acuity chart for normal and low vision. *Optical Society of America*, 232-235.
- Martin, M. P. (2003). La lectura. Procesos neuropsicológicos de aprendizaje, dificultades, programas de intervención y análisis de casos. *Lebón D.L.*
- Martín, R., & Vecilla, G. (2011). Manual de optometría, Capítulo 1. *Médica Panamericana*, 1, 1-21.
- Micó, V. (2011). *Optometría - Principios básicos y aplicación clínica*, Capítulo 5. Barcelona: Elsevier España S.L., 416-482.
- Momeni-Moghaddam, H., Goss, D., & Ehsani, M. (2012). The relationship between binocular vision symptoms and near point of convergence . *Indian Journal of Ophthalmology*, 325-328.
- Nadal, M. (2011). *Dislexia i Discalculia*. La Rioja: UNIR.
- Radner, W. (1998). A new reading chart for simultaneous determination of reading vision and reading speed. *Klin Monbl Augenheilkd*, 174-181.
- Real Academia Española*. (s.f.). Obtenido de <http://www.rae.es/>
- Recasens, M. (2005). Actividades para mejorar como lectores, Barcelona: Ceac, 89-104.

- Renfeng, X., & Bradley, A. (2015). IURed: a new computer-based reading test. *Ophtalmic Physiol Opt* , 500-513.
- Ricci, F., Cedrone, C., & Cerulli, L. (1998). Standardized measurment of visual acuity. *Ophthalmic Epidemiology*, 41-53.
- Sloan, L. (1959). New test chart for the measurment of visual acuity at far and near distances. *Am J Ophtalmol*, 909-921.
- Snellen, H. (1862). Test-types for determination of the acuteness of vision, *Utrecht : P. W. van de Weijer*, 1834-1908.
- Sterner, B. (2004). Ocular accomomodation. Studies of amplitude, insufficiency, and facility. *Department of Ophtalmology. Insitute of Clinical Neuroscience. Göteborg University*, 1-5.
- Stidwill, D., & Fletcher, R. (2011). Normal Binocular Vision. *Wiley-Blackwell*, 1-38.
- Tapias, M. (2001). *Edicions UPC*.
- Trauzetterl-Klosinski, S. (2012). Standardized assessment of reading performance: The new international reading speed text IReST. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 5452-5461.
- Urtubia, C. (1999). Neurobiología de la visión (Vol.51). *Univ. Pol. de Catalunya. Edicions UPC*, 55-61.
- Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Dots\\_per\\_inch](https://en.wikipedia.org/wiki/Dots_per_inch). (s.f.). Obtenido de [https://en.wikipedia.org/wiki/Dots\\_per\\_inch](https://en.wikipedia.org/wiki/Dots_per_inch)
- Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Retina\\_Display](https://en.wikipedia.org/wiki/Retina_Display). (s.f.). *Wikipedia*. Obtenido de [https://en.wikipedia.org/wiki/Retina\\_Display](https://en.wikipedia.org/wiki/Retina_Display)
- Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Sans-serif>. (s.f.). Obtenido de <https://en.wikipedia.org/wiki/Sans-serif>
- Wikipedia. [https://wikipedia.org/wiki/Agudesa\\_visual](https://wikipedia.org/wiki/Agudesa_visual). (s.f.). Obtenido de [https://wikipedia.org/wiki/Agudesa\\_visual](https://wikipedia.org/wiki/Agudesa_visual)
- Yang, Q., Bucci, M. P., & Kapoula, Z. T. (2002). The latency of saccades, vergence, and combined eye movements in children and adults. *Investigative Ophthalmology and Visual Science.*, 2939-2949.

## 10. ANNEXOS

### ANNEX 1: CONSENTIMENT INFORMAT

#### CONSENTIMENT INFORMAT

El/La \_\_\_\_\_ amb DNI núm. \_\_\_\_\_  
i \_\_\_\_\_ anys d'edat, amb domicili a \_\_\_\_\_ província de \_\_\_\_\_,  
manifesto que he sigut informat per \_\_\_\_\_ sobre els detalls dels treballs que  
es realitzen en el marc del **"Disseny d'un nou test d'AV en lectura en llengua Catalana."**

La meva decisió de participar en aquest estudi és voluntària i els resultats que s'obtinguin els podré utilitzar en la realització de les meves labors acadèmiques.

Declaro que tots els meus dubtes i preguntes han estat resoltes, que he entès tota la informació que se m'ha proporcionat. Per això, dono el meu consentiment per participar en l'estudi. Estic d'acord que les meves dades relatives a aquest estudi siguin guardades, processades electrònicament i transmeses, pel qual dono el meu consentiment per a que es reveli la informació necessària recollida durant l'estudi per a que pugui ser processada i difosa a la comunitat científica, sense que sigui revelada la meva identitat en cap moment, ja que, entenc que els meus drets de confidencialitat queden protegits.

El/La \_\_\_\_\_, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Firma del pacient

Firma de l'examinador

## ANNEX 2: FITXA D'INCLUSIÓ

### FITXA D'INCLUSIÓ

<b>NOM</b>	
<b>DATA NAIX.</b>	

### CRITERIS D'EXCLUSIÓ

- ✓ Història prèvia d'ambliopia o estrabisme:
- ✓ Cirurgia refractiva prèvia:
- ✓ Malalties oculars o traumes oculars:
- ✓ Dislèxia:

<b>CORRECCIÓ ÒPTICA</b>				
<b>Rx habitual UD</b>	<b>VLL</b>		<b>VP</b>	
<b>Rx habitual UE</b>	<b>VLL</b>		<b>VP</b>	

<b>AGUDESA VISUAL</b>	<b>VALOR</b>		<b>VALOR ESPERAT</b>
<b>AV monocular VLL</b>			$\leq 0.00$ LogM
<b>AV binocular VLL</b>			$\leq 0.00$ LogM
<b>AV monocular VP</b>			$\leq 0.00$ LogM
<b>AV binocular VP</b>			$\leq 0.00$ LogM
<b>AV monocular VL (+1.00D)</b>			$> 0.00$ LogM

<b>COVER TEST</b>	<b>VALOR</b>	<b>VALOR ESPERAT</b>
<b>CT VLL</b>		$< 2\Delta$ Endoforia $< 2\Delta$ Exoforia
<b>CT VP</b>		$< 2\Delta$ Endoforia $< 6\Delta$ Exoforia

<b>PUNT PRÒXIM CONVERGÈNCIA</b>	<b>VALOR</b>	<b>VALOR ESPERAT</b>
<b>PPC</b>		$\leq 10$ cm

<b>PUNT PRÒXIM ACOMODACIÓ</b>	<b>VALOR</b>		<b>VALOR ESPERAT</b>
<b>PPA mono</b>	<b>UD</b>	<b>UE</b>	$\leq 10$ cm

### ANNEX 3: TAULA ERRORS VELOCITAT LECCTORA

[illegible]

[illegible]